HEINRICH BÖLL STIFTUNG
ECOLOGY

GEF GREEN EUROPEAN FOUNDATION

核能的神话

能源说客们是如何蒙蔽了我们的眼睛

戈尔德·罗森克朗茨

海因里希·伯尔基金会
生态主题出版物系列

核能的神话

能源说客们是如何蒙蔽了我们的眼睛

戈尔德·罗森克朗茨
海因里希·伯尔基金会编辑

GREEN EUROPEAN FOUNDATION

为本书出版提供了支持

HEINRICH BÖLL STIFTUNG
海因里希•伯尔基金会

核能的神话：能源说客们如何蒙蔽了我们
Myths about Nuclear Energy: How the Energy Lobby is Pulling the Wool over Our Eyes

版权
© 本书作者 和 海因里希·伯尔基金会
摄影：Timm Suess, http://timmsuess.com/decay，保留部分版权。

出版
海因里希·伯尔基金会 中国办公室
2011 年 5 月印刷

索取请联系：
海因里希·伯尔基金会 中国办公室
地址：中国北京市东城区工体北路新中西街 8 号亚洲大酒店写字楼 309 室
电话：（+86）10 66154615
传真：（+86）10 66154615 转 102
电子邮件：info@boell-china.org
网址：www.boell-china.org

本书可在 www.boell-china.org 下载
英文原版可在 http://boell.eu/web/288-663.html 下载
本书译自英文，若有疑义，请参照英文原版

协调与定稿
陈冀俍

翻译
刘凤桥

校对
苗 红

目录

序言：核能 – 注定是末路一条 4

引言：福什马克（Forsmark）——恐慌失措的 22 分钟 7

第一个神话：核能是安全的 8
被遗忘的风险 9
警惕日常运行中潜在的问题 11

第二个神话：滥用核能和核恐慌是可控的 15
自杀性袭击使 9/11 事件相形见绌 17
彻底的连体双胞胎：民用与军用原子能 18

第三个神话：核废料？没问题！ 21
没有永久的核废料处置场所——到处都没有 22

第四个神话：有足够的铀燃料 25

第五个神话：核能有益于气候保护 28
核能如何妨碍可持续的气候保护 30
核能与可再生能源的竞争日趋激烈 31
利用核能保护气候是不切实际的 32

第六个神话：我们需要延长核反应堆的使用寿命 34
核能公司自食其言 36
为什么刮取剩余利润？ 37
缩减核能是明智的选择 37

第七个神话：核能正在复兴 39

可再生能源的使用是全球发展新趋势 40
通过资金补助才能激励核能发展 42

核能发电神话的终结 46

面临决择：能源供应的未来 48

序言：核能 – 注定是末路一条

假如我们经常关注有关核能复兴的相关言论，可能就会形成这样一种印象：新建的核电站的数量正在稳步快速地增加。但是事实上，最新的统计数据显示，目前在建的60 座核电站，主要在中国，其余的在俄罗斯、印度、韩国和日本，在美国仅有一座。而且，在《VGB 电力科技》（VGB Power Tech）杂志的名录中还包括了大量无法完成的老核电站项目，现在已然成了建筑废墟。

而且，从目前来看，到2020 年全世界大约有160 个新建核电站的项目申请，其中有53 个来自中国，35 个来自美国，其次就是韩国和俄罗斯。在欧洲，英国新建核电站的项目申请最多，有8 个，接下来依次是意大利、瑞士、芬兰、罗马尼亚和立陶宛。而在全世界范围内宣传核电站建设的法国，在本土仅计划新建一座核电站。绝大多数欧洲国家目前没有任何具体的新建核电站计划。

事实上，在世界范围内，核电站的数量一直在减少。目前仍在运转的核反应堆有436 个。在接下来的15–25 年内，一些新的核电站会投入生产，但更多数量的老旧核电站会停止运营。并且，不是所有计划中的新建核电站都能最终建成，得以运营。因为能源市场对自由竞争的开放程度越高，发展核能的机会就会越小。

同时，建设新核电站的成本也在激增。比如，在芬兰奥尔基洛托新建的核电站，尽管核电站的骨架还没完成，但建设成本已经从30 亿欧元增加到了54 亿欧元左右。此外，核电站的核废料处理问题仍未解决，技术失败的风险也较高。目前，如果没有政府的财政补贴和担保，私营能源企业集团是不会冒险去投资新的核电站建设的。值得注意的是，在政府和能源产业联系紧密的地方更容易兴建新的核电站。

迄今为止，核电站的建设都享受着巨额的国家补贴。在德国，相关的国家补贴累计超过了1000 亿欧元，而且目前这些优惠政策仍在继续执行中。如此一来，数以十亿欧元的用于处理核废料和核电站拆撤的预留款为企业实现免税提供了可乘之机。此外，核电站运营者的负债义务只有25 亿欧元——这仅占一次中型核意外事故处理成本的一小部分。从整体来看，核能利用由于其危险性使得实际使用成本非常高。

除了有关核能的常见争论，现在又出现了一些新的问题。首先，核扩散的危险性会随着世界范围内新建核电站的增多而增加。尽管国际原子能总署（IAEA）在核能管理方面做出了努力，但是核能技术在民用和军用领域的界限仍然很难严格区分开来。最近出现的伊朗核问题就是一个很好的例子。其结论就是，对于那些不想遵循核不扩散条约规定的国家，我们是无计可施的。伴随着核能的扩张，为了生产核燃料，需要建设更多的核燃料后处理工厂和快中子增殖反应堆。这两者都会增加钚的流通，进而产生大量可用于制造核武器的可裂变材料——这是多么可怕的情景！

其次，延长现有核电站的使用寿命，甚至建设新的核电站，将会成为发展可持续性能源的巨大障碍。那些认为核能与可持续性能源互补的说法都是站不住脚的。因为，这两者不仅会为了非常有限的投资和输电线路而彼此竞争，而且核电站因其

僵化的持续运作模式会抑制可再生能源尤其是风能的发展潜力。在风能资源很充裕并且低能耗用电方式得到普及的国家，例如德国，它的能源需求已经可以在很大程度上依靠风能发电解决。如果出于短期的经济考虑，不降低现存核电站（也包括大型燃煤电站）的发电量，则剩余电量就不得不以亏本的价格出口到其他国家。这是一种多么疯狂的行为。

不论你如何看待它，核能既不会对气候变化产生决定性的贡献，也不是确保能源供应的必然选择。事实恰恰相反，那些希望通过发展可再生能源以100% 满足电力需求的人们应该反对建设新的核电站，而且反对延长现存核电站的使用寿命。尽管仍有支持核能的声音，但核能并不是人类步入太阳能时代合适的中间过渡阶段。

拉尔夫·弗于克斯 Ralf Fücks
海因里希·伯尔基金会 （Heinrich-Böll-Stiftung）主席
2010 年1 月，柏林

引言：福什马克—恐慌失措的 22 分钟

2006 年7 月25 日下午13 时19 分，当电工在瑞典中部福什马克(Forsmark) 核电站外进行维护作业时，突然一个变电站发生了短路。当大功率发电站的巨大涡轮机开始旋转、大量的电流需要向外传输时，这样的状况时有发生。通常，这样的电网故障不会对附近的核电站产生太多严重的影响。人们在设计安全系统时已经将这一状况考虑在内了。在外部短路波及到内部电力系统之前，核反应堆会切断和故障电网的连接。在最坏的情况下，反应堆会自动关闭，之后，反应堆内部所产生的放射热能会持续衰减，这一过程会持续几天，紧急冷却系统会让反应堆逐渐过渡到非临界状态。

但这个星期二，福什马克核电站发生的一切都超出了预期。电网分离过于缓慢，这个问题实属正常，但它引发的一系列后续问题导致了1 区绝大部分沸水反应堆的电力系统崩溃。原定在紧急情况下为反应堆控制系统和紧急冷却水泵提供电力支持的四个柴油发电机中有两个没有启动。 在紧急情况发生后最关键的时刻，控制室的屏幕却在长达22 分钟的时间里一片空白。测量传感器没有发出任何有关反应堆内核链反应的信号，甚至部分用于报警和疏散目的而设的扬声器系统也毫无反应。在这段时间，根本无法获得任何有关调节反应堆链式反应控制棒位置或反应堆容器内冷却水水位的重要信息。直到一个技术人员手动按下按钮，启动了未正常运作的柴油引擎，给反应堆中央测量和安全系统输送了电力，反应堆的“盲目飞行”过程才算结束。

瑞典原子能管理局（SKI）很快确定，导致福什马克1 号沸水反应堆事故的主要原因是由于两个交流电转换器失效。由此，导致四个应急备用发电机中有两个没有如预期那样启动。同时，由于反应堆监控系统大量部件出现故障，事后很难精准的再现整个事件的过程。最令人不安的是，专家也无法解释：为何使用相同的交流电转换器，两个发电机能够正常启动，而另外两个却没有对干扰电压阈值做出相应的反应。最后唯一可以肯定的是，即使成功启动了发电机，反应堆也很有可能已经失控。接着，反应堆安全系统中的四条电缆都会受到波及，管理局坦承，这将导致“整个应急电力系统的电力供应被切断，而《反应堆安全准则》中没有包含如何处理这种情景”（核能生产和反应堆安全协会，2006 年）。任何准则上都没有关于这类事故的条款，也没有处理这类事故的法规。事实上，对于这类不可预见事故根本就无法制定相应的规章制度。

第一个神话：

核能是安全的

2006 年夏天的这个中午，在瑞典东海岸发生的一切，让人们重新记起曾给民用核能留下数十载噩梦的那两次事故：1979 年3 月美国哈里斯堡核电站事故和1986 年4 月乌克兰切尔诺贝利核电站事故。

不可理解的设计缺失，安装错误的重要部件，不负责任的维护手段，特别是对高灵敏技术近乎幼稚的信任——这一切对我们都不陌生：不仅仅是哈里斯堡和切尔诺贝利，还有英格兰的塞拉菲尔德核燃料再处理工厂、日本的文殊增殖反应堆、日本的东海村核燃料再处理厂、匈牙利保可什的一个核电站乏燃料储存池，以及德国易北河上的布隆斯比特（Brunsbüttel）和克吕梅尔（Krümmel）核电站。只要有人工作的地方，就无可避免地会有错误发生。我们可以称自己是幸运的，因为并不是每次在事后被归类为“无法解释”的错误链都会导致像1986 年发生在乌克兰及其周边国家那样的灾难。比如，瑞典首都斯德哥尔摩以北100 公里，福什马克1 区核能发电站，它仅仅造成22 分钟的恐慌，但是，人们对于反应堆操作人员临场应对能力以及瓦滕福（Vattenfall）公司的可靠性都产生了严重怀疑。自那时起，欧洲北部国家的国有核能企业集团在其他方面也遭受一些难以摆脱的质疑，比如德国的布隆斯比特和克吕梅尔。

自此，福什马克成为了自切尔诺贝利灾难以来欧洲核反应堆“最严重事故”的代名词。国内外专家尝试回现那一天事故发生的全过程时，得出一个令人震惊的结论：情况可能会更糟糕，并且这种更糟的情况随时都有可能发生。

*[福什马克事故的]*情况可能会更糟糕，并且这种更糟的情况随时都有可能发生。

被遗忘的风险

在许多工业化国家，核能倡导者明显乐于看到围绕核能所进行的“非意识形态化”争论。由于受气候变化和石化能源日益短缺的影响，这些核能倡导者的态度已经演变为“更加镇静，更加理性”。除非大选迫在眉睫，否则核能电力生产的支持者很乐于见到这种紧张局势的缓和。几十年来，围绕核能的政治性与社会性，舆论的争论焦点已经从核能最基本的安全问题转移到了其对经济、气候保护、资源保护及能源供应保障等问题上来。在公众看来，核能电力从使用角度上讲只是众多电力技术之一，与选择天然气电厂还是煤炭电厂一样，毫无差异。

因此，核裂变技术日益融入到经济学家所界定的由经济活力、能源供应保障和环境影响组成的政治能源三角争论之中。事实上，避免事故的发生和相关的保障措施不是核能发展的目标，因而核能的支持者也很少关注。相反，他们对目前的状况感到相当满意。尽管质疑声如潮来袭，但核能的支持者在掩饰核能技术引发灾难的未知性方面却做得越来越成功，他们的目的只有一个：转移公众对核能最根本的安全问题的注意力。这种“进步”并非巧合，而是主要核能国家运营商和制造商多年以来锲而不舍、刻意追求的战略成果。

虽然一次成功的视线转移行为可以暂时缓和公众质疑，但巨大灾难的发生概率却丝毫不能减少公众对核能安全的质疑，因为这种质疑是非常必要的。核事故灾难所引发的最终危害（比如：事故超过了

安全系统的最大预期程度）以及无法完全排除核事故发生的可能性的事实，始终是引发围绕核能的根本争论的主因。总的来说，反对核能利用的争论，是建立于核能客观存在的危险性之上的。这种危险性的轻重，也是核能在区域、国家和国际层面上是否被公众接受的依据。自从哈里斯堡事故，以及更严重的切尔诺贝利事故发生后，核能产业希望通过核反应堆“零事故”的事故防范保障承诺，赢回公众对此技术的信任与支持。早在三十年前，核电站的建造者就做出过类似的承诺，他们声称“核电站有其固有的安全性”。由于使用了一种所谓的“被动安全系统”，根本不用担心系统崩溃导致核反应堆核心熔毁或者类似的严重事故发生，美国人将这种反应堆称为是未来的“步行距离反应堆”。当时，一位美国核反应堆建造商的首席经理慷慨陈词道：“即使情况再糟，你仍然可以回家、吃午饭、打个盹，然后再回来，无须丝毫的恐慌和担忧”（Miller，1991）。这种自夸持续至今，一直未变，仍然是一张写给未来的空头支票。早在1986 年，技术历史学家约阿希姆·哈德考(Joachim Radkau)就质疑这种“零事故”反应堆只是在危机时期信口开河、无理炒作的一个白日梦而已，永远都不可能成为现实（Radkau，1986）。但这也是这种炒作何以能延续至今的原因。

核能的支持者在掩饰核能技术引发灾难的未知性方面却做得越来越成功，他们的目的只有一个：转移公众对核能最根本的安全问题的注意力。

与此同时，欧洲原子能共同体和10个核能生产国对“第四代”核能反应堆采取中立的态度。在遥远的未来，“第四代”核能反应堆将会取代现有的或者正在筹建中的核能反应堆。下一代反应堆还在兴建阶段，虽然配备有新型的安全系统，但是不再像之前那样宣称自身“绝对的安全”。而且，这些核反应堆会更经济实惠，更难被军事滥用，因此，较易为大众所接受。第一个这样的反应堆预期可以在2030 年左右开始供应能源。这只是官方说法。私下里，即使是高调的核能支持者，例如法国能源供应商Électricité（EDF）前主席弗朗索瓦·罗塞里（François Roussely），也没有指望下一代核电站可以在2040 年或2045 年之前开始进行商业运营（Schneider，2004 年）。

由于第四代核能反应堆也无法做出“绝对安全”的承诺，核能工业也悄悄的掩藏了过去所做出的保证。但是，核反应堆日常运作的相对安全是必须要保证的。具体而言，“安全核能”不过是政治新闻领域里的非专业人士们所津津乐道的：“我们的反应堆是世界上最安全的”，除此也再无其他。这种论调在德国尤其流行，尽管从来没有任何经得起长期验证的证据能够支持这种说法。而且，那些基于20 世纪50 年代和60 年代的知识和技术进行设计、在60 年代和70 年代开始建造的核电站能够满足今天的安全级别要求，几乎是不可能的。然而，法国、瑞典、美国、日本和韩国的核能支持者也对他们的核反应堆做出同样的表态，只要没人站出来表示质疑，这些核能支持者们就会继续这样标榜下去。事实也是如此，所有国家的核集团都认为他们的核电站达到了国际标准，至少他们在公开场合都是这样对外宣称的。由于过去15 年或20 年来军备制造技术的发展，甚至在东欧，越来越多的言论认为苏联建造的反应堆达到了西方的安全标准，甚至在很多方面已经实现了超越。顺便说一下，涉及核能的措辞使用，无需在官方达成共识，因为在全球范围内

几乎都是一致的——“毫无担心的必要”。

其实，在很多国家对核电站的关注已经淡化，尤其是对其新一代的政治领导人来说，像哈里斯堡或切尔诺贝利事故已经不再算是一个重要事件。因此，一个重要的问题是：如果在核问题面前保持一种绝对放心的态度，人类需要付出怎样的代价？险些发生的灾难性事故，如瑞典的福什马克事故，在公众热议数周后，就只剩专家在事后进行讨论了。这对于国际核能安全来说，究竟意味着什么？

德国反应堆的安全水平相对较高，即使这些反应堆是由核能支持者建造实现的，但其安全水平较高的原因仍要归功于前西德反核能运动的力度——高度敏感的民众对核能发电站安全性提出质疑，并且要求对其进行持续性的监测。如果这种解释成立，那么，正是这些尖锐问题以及大批“批判性的专家型公众”的存在，才促使这些核电站成为了有史以来故障与事故防预措施最齐备的核电生产企业。时至今日，他们仍然发挥着这样的作用。遗憾的是，反过来恐怕也是成立的：当公众注意力减弱，或者在集权体制下公众呼声不被注意的情况下，核能的安全性也就会相应的下降。

当公众注意力减弱，或者在集权体制下公众呼声不被注意的情况下，核能的安全性也就会相应的下降。

切尔诺贝利和哈里斯堡灾难发生后，那些想继续使用核能的人们，如基督教民主联盟（CDU）和德国自由民主党（FDP）[1]，最终也必须面对一个问题：他们是否想让核能一直这样使用下去，直到某一次事故的发生彻底推翻使用核能的可能性。有一点是肯定的：假如2006 年7 月25 日在瑞典福什马克出现故障的交流转换器是四个而非两个，被认为拥有最高技术的国家——瑞典已经是沦为灾难现场，那么在欧洲或美国就将不会再有人谈论什么“核能的复兴”，以及延长老化反应堆的使用寿命这样的话题了。如果这种情况真的发生，不仅仅北欧和西欧数以百万计的人民要深受其苦，拥有130 个核反应堆的欧洲大陆也要花费大量的时间和精力来进行物质和精神社会的重建，同时也要面对由此导致的经济崩溃。而这样的经济崩溃所造成的影响，将会远远超过目前金融和银行的危机。对所有核能在其电力供应中占重要比例的国家，将不得不面对一定规模的电力短缺，虽然迄今为止停电的规模在欧盟的绝大多数国家还无法预知，但这种状况极有可能会持续数十年。同时，许多化石燃料发电站不得不昼夜不息地运作，以缓解由于公众的极度担忧而关闭核电站所导致的电力短缺，这样又会增加环境污染的压力。好在这一情景没有在福什马克发生，感谢上帝！

警惕日常运行中潜在的问题

无可否认，在过去的几十年里，得益于一般科技的发展，核能技术也取得了一些进展。自世界上大多数商业运行核反应堆建成以来，在信息和通讯技术领域出现了革命性的发展，这使得核电站的控制和检测更加透明，核电站的日常运行也更加可靠。那些今天仍在运行的老式核反应堆，当它们在筹划设计阶段时，计算机还只能使用打孔卡来保存和处理数据。现代操作系统正在或已经安装在许多老化的反

1 保守的基督教民主联盟（CDU）和以商业优先的德国自由民主党（FDP）

应堆内。对核反应堆常规日常操作的物理原理和其他复杂过程的贴切理解，甚至可以用计算机模拟和实验来实现对核反应堆故障的研究，这些都标志着更高的核反应堆安全水平。今天，反应堆运营商可以利用计算机模拟预演发生事故时所有复杂的情景，这些在20 年或者30 年前是根本不可能实现的，因而在当时核事故的情景也是完全未知的。安全技术人员还可以利用先验概率分析和更精确的测试控制系统来提高核反应堆的安全性。目前，即使是在旧反应堆上，也正在逐步配备这些系统。反应堆运营商还声称已经从哈里斯堡、切尔诺贝利以及发生在日本的严重事故中吸取了经验教训。他们认为，世界核电运营者协会（WANO）现在已经在整理事故信息并确保相关的数据能够迅速传递到协会成员手中。到2010 年，世界各地的反应堆运营商将能获得大概13 年的反应堆运作经验。

但是，这绝不是对一个核电站运行“新安全性”的保证。1986 年以来没有发生过核反应堆堆芯熔毁事故，并不意味着未来就不会发生。福什马克只是最近一次最响亮的警告；随后，在德国布隆斯比特和克吕梅尔的反应堆事故再次发出了警告，结果是这些反应堆在数年之内完全中断了电力供应。世界上大约四分之三的反应堆和发生灾难时的切尔诺贝利反应堆相同。从概率的角度来说，今天或者100 年内都可能会有严重的事故发生。因此，13 年的反应堆经营经验并不能改变这种概率事件的发生。1978 年，当核能源工业面对首次发生于哈里斯堡商业反应堆的核心熔毁事故时，反核抗议者在德国散发传单，对核技术人员关于核安全浮夸的承诺嗤之以鼻：“百年一遇的概率——现在才过去多久啊！”

对于在全球范围内推动延长反应堆预期使用寿命的举措，核电站运营管理人员认为“单单从安全性能方面考虑，这完全是合理的”（2005 年8 月12 日，法兰克福评论报）。沃尔特（Walter Hohlefelder），作为德国原子能论坛议会游说团体主席及核能运营商意昂集团的前主席，严肃地宣称，延长反应堆使用寿命的战略是“使电力供应更加安全”（柏林日报， 2005 年8 月9 日）。关于这种论调最令人震惊的是，公共部门不再对这些观点进行质疑和挑战，尤其是那些支持核能的政客。因为这的确是个很大胆的主张：核电厂与汽车和飞机相反——它越陈旧，安全系数反而越高。多么可哀，这种主张不仅无视常识，而且也违背了物理定律。

全球核反应堆正在集体“老化”。其实，在这个简单的非专业术语里面包含着很多内容——材料技术和冶金学——它不仅涵盖了单纯的损耗，同时也包括极其复杂的金属零件内部和外表的变化。这种核结构微观领域的衰退过程通过安全监测系统很难及时精准的探测到，也很难预测由此导致的后果，尤其是在高温、高压、高腐蚀环境中，以及在核裂变的中子持续轰击部件结构的情况下。最近几十年，腐蚀、辐射损伤、以及核心部件焊接点表面，甚至内部的疲劳皲裂等事故不断发生。通过监测系统，或电站检修期间的常规检查可以及时发现这些问题，通常都是可以避免各种重大事故的发生。然而，严重的损坏能否每次都会被及时发现，也只能碰运气。

在很多国家，由于能源市场自由化和放松管制力度的副作用，导致这种情况进一步恶化。对每一个在核电站反应堆工作的工作人员来说，市场自由化意味着更加严格的“成本意识”——其直接后果是：裁员，削减定期安全检查的次数，更短的时间期限，以及由此造成的在检查和更换

燃料时更大的时间压力。很明显，所有这些都不会提高核反应堆的安全性。

初步结论：世界上核电站在2007 年的平均使用寿命为24 年，如果反应堆运营商们成功的实现了核电站使用寿命延长至40 岁、60 年甚至是80 年，那么这一平均寿命可能会在未来被无限延长。发生严重事故的风险也会因此而大大增加。即使是所谓的第三代新反应堆的建设，也不会对减小风险起太大的作用。因为在未来的几十年内，新型反应堆仍然只会占世界核电站整体中的一小部分。此外，这些反应堆发生严重事故的风险也不能被低估。例如欧洲压水反应堆（EPR），自20 世纪80 年代末就已开始筹划，直到2005 年，才在芬兰开始样机建设。即便如此，在评论家来看，它无非仍是对法国和德国目前所使用的加压反应堆进行部分改良的结果。其思路是，核反应堆堆芯熔解的后果可以由一套复杂的捕获融化的反应堆堆芯的系统——堆芯捕手——所控制。除去其它方面的影响不计，这种设计思路将大大增加整个核电站的运营成本。因此，在开发阶段，反应堆的效率必须被设计的足够高，才能使这种反应推控制技术无论是核能技术本身还是核能技术利用方面都具有经济竞争力。

即使在核反应堆运营商内部，关于增长操作经验、延长反应堆使用寿命是否能够减少严重事故的发生这一观点，仍然没有达成共识。此外，考虑到大量不断在全球引起轰动的严重失误状况的发生，这种观点其实就是回避事实。

以下是已经发生的存在潜在灾难性事故的事件记录（按时间先后，非完全统计）：

- 法国压水反应堆Civeaux 一号，散热系统水管爆裂，在隔离泄漏、情况稳定下来以前，主要冷却回路每小时损失30 立方米的冷却水（1998 年）；
- 英国塞拉菲尔德再处理工厂与日本东京电力公司（Tepco）核电站的安全数据篡改事件（1999/2002）；
- 法国Cattenom3 号核反应堆出现了以前从未发生过的核燃料元件损坏事件（2001）；
- 德国布隆斯比特反应堆压力塔附近的沸水反应堆管道发生严重的氢气爆炸；
- 美国戴维斯– 贝瑟（Davis-Besse）反应堆容器出现大规模腐蚀，且长年未被发现。在全面运行时，只有很薄的反应堆锅炉钢衬防止了灾难性的泄漏事故发生（2002 年）；
- 匈牙利Paks 核电站中和池中的30 个高辐射燃料元件急速过热，为防止在未受保护的核反应堆区域内发生原子爆炸，在试图用冷水将其从1200 摄氏度冷却下来时，这些元件像瓷器一样裂成了碎片。（海因里希·伯尔基金会，2006）；
- 日本柏崎核反应堆遭受强烈的地震破坏，导致变压器起火，放射性液体泄漏，最终被关闭多年（2007）；
- 德国克吕梅尔核电站变压器起火，最初在切换室内形成烟雾，随后引起的反应堆系统关闭又造成了的一系列严重故障。在核电厂关闭几乎整整两年后，重新投入运作后没几天内又发生一起变压器的短路事故，导致油料泄漏和反应器迅速

关闭。庆幸的是，这一次变压器没有着火（2007/2009）。

在此期间，由于这些明显无法回避的事件，使核反应堆运营商在核安全问题上，比核复兴的支持者有了更多的关注和认识。核反应堆故障和事故造成的危害和损失，将不仅仅是累加起来达数十亿美金之多的经济损失。

对核电站负责人来说，人类本身的特性可能会带来严重后果，让他们不得不担心：人们对日常生活中潜在的危险缺乏警惕性——单调乏味、年复一年的重复劳动使他们无法对潜在的危险性始终保持高度警惕。2003 年，在柏林举行的WANO 会议上，有发言者直言提到“你们对核反应堆运营商的疏忽大意与自我满足的观念怎么看”的话题。与会的所有专家中，只有一位瑞典与会人员警示道：“疏忽大意与自我满足都会威胁到核能产业的生存”。（Nucleonicsweek，2003 年8 月6 日）。WANO 前日本主席，Hajimu Maeda，指出源于核能产业内部的“一种可怕的疾病”。这种“疾病”始于积极性的丧失、自我满足以及由于能源市场开放导致成本压缩的压力所引发的“对维护安全标准的疏忽”。我们必须要接受并正视它的存在。否则，总有一天“严重事故[…] [将] 毁掉整个核能产业”（Nucleonics Week，2003 年8 月6 日）。三年后，在福什马克事故发生期间，瑞典国营公司Vattenfall 核反应堆中新的管理疏忽不断暴露出来，证明这种担忧确实很有预见性。

第二个神话：
滥用核能和核恐怖是可控的

2001 年发生在纽约和华盛顿特区的 9·11 恐怖袭击导致出现了一种全新的威胁形式，这种威胁因为被捕的袭击策划嫌疑人的招供而进一步加剧。在美国遭受 9·11 恐怖袭击之后，西方大国所面临的这种全新的威胁，是在之前的安全体系中从未被注意到的。但是，正是由于这一事件的发生，我们必须从根本上对使用核能以及核能背后的巨大风险进行重新评估。

据两位被捕的基地组织领导人交代：事实上，伊斯兰恐怖分子确实将袭击核电站纳入恐怖袭击计划的一部分。美国参议院关于袭击的官方报告中称（美国恐怖袭击全国委员会，2004 年）：驾驶波音 767 撞击世贸中心大厦的穆罕默德·阿塔（Mohammed Atta），之前已经选择哈得逊河旁的Indian Point 核电站的两个反应堆区作为袭击目标。此次以核电站作为目标的攻击，距离曼哈顿只有40 英里，甚至已经有了相应的代号“电气工程”。然而，由于恐怖分子认为他们飞往核电站的路线，可能会被防御导弹或者截击飞机切断，该计划因此被放弃。而事实上，恐怖袭击者所担忧的军事安全防备并不存在。该袭击计划的搁浅，是基于恐怖分子的一次错误的判断。基地组织领导人哈立德·谢赫·穆罕默德（Khalid Sheik Mohammed）说，其实他最初的计划更恐怖，甚至包括用10 架被劫持的飞机同时去攻击几个核电站。因此，目前的核能风险评估中，恐怖袭击的情况较之以前更为严重，认识到这一点尤为紧要。因为，自2001 年9·11 事件后，这种攻击的可能性大幅增加。

至 2010 年初，全球正在运行的核反应堆共有 436 个；人们一致认为，这些反应堆中没有任何一个可以承受大型载客飞机的蓄意攻击。

同时，至2010 年初，全球正在运行的核反应堆共有436 个；人们一致认为，这些反应堆中没有任何一个可以承受大型载客飞机的蓄意攻击。虽然仍然受困于纽约和华盛顿所遭受袭击威胁的影响中，但德国核能运营商对此也毫无异议。其实，在西方工业国家，很多核电站在建造时已经考虑到小型飞机和军用飞机意外坠毁所带来的影响。但是，人们认为大型载客飞机出现意外的概率几乎为零，所以，没有任何一个国家针对这一状况预备了有效的防备措施。将客机变成导弹进行蓄意袭击的想法，已经远远超出了反应堆运营商们的想象范畴。

在美国遭受空袭之后，德国的科隆核电站与核反应堆安全公司（GRS）马上代表德国政府，就核电厂应对空袭的脆弱性展开了深度调查。这次调查不仅确定了一般核电站的稳定性，而且，六名飞行员在柏林工业大学运用飞行模拟器，从各个角度，以各种速度、对德国核电站各个攻击点进行了数千次的模拟攻击。逼真的攻击动画视频，不断传送到模拟驾驶舱中。此次参加试验的一部分飞行员，同在纽约和华盛顿恐怖袭击事件中的飞行员类似，只有驾驶小型螺旋桨飞机的经验。尽管如此，仍有接近一半的模拟自杀式攻击成功发生。

调查结果着实令人震惊，以至于他们从不敢公布调查结果。只是向人们公开了一个被列为“高度机密”的事后总结（核电站与核反应堆协会，2002 年）。据此，

尤其是对于老化的核电站，不论客机的类型、大小或撞击速度如何，任何一次袭击都能对核反应堆构成巨大威胁。冲击所引发的剧烈震动以及煤油引起的大火，都可能会造成核电站“外壳”被直接击穿，也可能会导致管道系统报废。

无论如何，核反应堆核心熔毁与核辐射的大面积泄漏，都将会是成功袭击发生后所引发的后果。即使是核电站内的中间储存设施（使用过的核燃料组件在这些水箱中衰变）也会处于极度危险之中。在美国的恐怖袭击事件发生近十年后，德国仍然没有制定针对空袭核电站的有效安全防护措施。前社会民主党与联盟90／绿党联合政府的计划是，当发生空袭时，通过烟雾系统使核电站在一定时间内隐匿起来，但该计划毫无实施的可行性。2006年2月，“有意击落载客民用飞机”的提议，被德国联邦宪法法院明文否决，自此，该想法也销声匿迹。排放烟雾的本来目的，是利用人为排放的烟雾将核电站隐藏起来，直到战斗机升空，拦截被劫持的飞机，甚至在必要时将其击落。

明知自己是第一受害者的核电站自杀性袭击，因为过于骇人听闻，以至于从未有人预想过这种可能性。

自杀性袭击使9•11事件相形见绌

在9·11之前国际上就已经展开了关于其他恐怖袭击的讨论，“有目标的空袭”情景并没有消除人们对其他恐怖袭击的恐惧。9·11的存在只是让人们对“有目标的空袭”这一情景有了一个相对具体和现实的认识。长期以来，对如何防止核电站遭受恐怖袭击一直都有深入的研究。这些研究涉及如何防止现代坦克的袭击、防止地堡穿透导弹的袭击、或是防止袭击者通过暴力或秘密手段潜入安全区等方式对核电站进行的地面袭击。然而，袭击者抱有必死之心的“自杀式袭击”情景从未被考虑过。这种明知自己是第一受害者的核电站自杀性袭击，因为过于骇人听闻，以至于从未有人预想过这种可能性。

在极端的自杀式袭击者看来，袭击核电厂绝非疯狂的选择。相反，极端主义分子知道，“成功”的攻击不仅会立即引发无法控制的大火，造成数百万人遭难，而且出于安全防范措施的考虑，当局极有可能下令关闭其它大批核电厂，由此而造成的经济震荡，影响将远远超过9·11后所引发的金融冲击。即使对五角大楼和世贸中心的攻击再骇人听闻，他们的主要目的也不过是为了示威，即：重创超级大国——美国的经济、政治和军事中心，并藉此来羞辱它。而对核电厂的袭击，则不会像9·11事件那样具有象征性。它会影响到电力供应的“神经中枢”，简言之，影响一个工业化国家的整个基础设施。受袭击地区的放射性污染，可能导致几十万或数百万受害民众的永久撤离，并从此将战争和恐怖袭击画上等号。任何其它类型的袭击，如对工业基础设施的袭击，甚至是对鹿特丹石油仓库的袭击，都不会对西方工业国家产生如此严重的心理影响。即使对核电厂的袭击没有成功，没有引起灾难性事件，其后果也将是毁灭性的。这类袭击发生之后，将会空前激化有关核能灾难危险性的争论，可能导致很多工业国家关停大批的核电站。

鉴于对这种新的恐怖主义形式的思考，“和平利用核能”与核战争的冲突威胁之间就产生了联系。时至今日，人们在很大程度上一直在努力并将继续努力避免这种联系出现在核工业界里。位于国际

冲突地区（如朝鲜半岛、台湾、伊朗、印度或巴基斯坦等地区）的核电站，增加了出现意外而又致命后果的风险。一旦这些核电站开始运作，对于一个潜在的侵略者来说，他不需要直接使用原子弹去摧毁目标国家，只要使有空军和炮兵袭击核电站就足够了。从这个角度来看，任何在提到核能时采用“安全供应”这样描述的人，显然是想得不够深远。没有任何其它的技术，会因为仅仅一次事故就造成整个能源供应支柱的坍塌。依靠核能这一技术的国家，经济发展将取决于其核能源供应的安全。若战争出现，这些国家较之没有使用核能技术的国家，经济将更容易受到传统战争方式的攻击。

德国物理学家和哲学家弗里德里希·卡尔·冯·魏茨泽克（Carl Friedrich von Weizsäcker）就是从一个核能的支持者转变为核能的反对者。1985 年，他说：“在全球范围内推广核能，意味着现在所有文化的政治结构需要在根本上发生变化。它需要颠覆文明世界自开始就已有的军事政治制度（Meyer-Abich/Schefold，1986）”。但是，他总结指出，在政治和文化上达到世界和平的理想还遥遥无期。当前是“不对称暴力行为”的时代，高度理想化的极端分子准备迎战强势工业化国家，甚至准备挑起世界范围内的“文明的冲突”。与1985 年冯·魏茨泽克提出他的观点时相比，此时持久的和平更加遥不可及，那时的他还被冷战的问题所困扰着。

顺便说一句，在战争冲突中，攻击核电站的危险已经不光是理论层面的考虑。20 世纪90 年代初期，在巴尔干冲突中，斯洛文尼亚的Krško 核电厂常常面临来自空袭的威胁。为了展示战事升级的可能性，南斯拉夫的轰炸机就曾经从该核电厂上空飞过。现在只能猜测，如果伊拉克40 兆瓦核研究反应堆Osirak 已经运行，它是否能够逃过1981 年以色列的空袭？这次进攻，被看作是针对阻止萨达姆·侯赛因试图第一个制造出“伊斯兰炸弹”的一种防御性的打击。在1991 年的海湾战争中，美国轰炸机也重启对核反应堆所在地的攻击。为了报复，萨达姆也将飞毛腿导弹瞄准了色列迪莫纳（Dimona）的原子能中心。 越来越多的有关德黑兰毛拉政权冲突报告中都显示出，以色列计划对猜测中的伊朗秘密核电站进行空袭。

彻底的连体双胞胎：民用与军用原子能

从利用可控的原子能产生能量的想法诞生开始，关于原子能在军事上的滥用问题就被提上了议事日程。没有人会对此感到意外。毕竟1945 年8 月美国用原子弹对广岛和长崎的轰炸向世界直观地说明了核能地狱般的杀伤潜力。1953 年，美国总统艾森豪威尔“原子能和平利用”计划的宣布，成为了“和平利用核能”的开端。这个计划的诞生有其必然性，因为美国希望通过公布其独享的核裂变绝密技术，用以阻止其它国家开展他们自己的原子武器研究计划。美国曾凭借原子弹毫无悬念地成为了世界超级大国。而现在美国总统对世界其他国家提出来的交易条件也非常简单明确：只要肯放弃自己发展核武器的野心，任何感兴趣的国家都能从和平利用核能计划中获益。第二次世界大战数年后，美国、苏联、英国、法国和中国都拥有了各自的原子武器。此时，美国想通过这种方式来制约其它国家继续开发核武器。这些国家，甚至包括那些一直被视为彻底“和平爱好者”的国家——如瑞典或瑞士——也或多或少地做了些发展终极核武器的深入研究工作，而所有这些工作都是在极其秘密的情况下进行的。即使德意志联邦共和国从二战结束到1955 年，本身已不是一个主权国家，在“原子部长”弗

兰兹（Franz Josef Strauß）当政时也表现出发展核武器的野心。

1970 年最终生效的核不扩散条约——及位于维也纳的国际原子能机构——是艾森豪威尔倡议的结果。早在1957 年成立的维也纳原子局，其目的之一就是鼓励核能技术的应用并将其在全球范围内进行推广，另一方面则是限制更多的国家研发原子弹。成立半个多世纪以来，国际原子能机构的经历，和它的最初目的一样充满了矛盾。通过监测民用核电站和裂变材料的使用，可以大大降低原子弹的扩散速度。为此，在2005 年，维也纳国际原子能机构连同其当时的主任穆罕默德·巴拉迪（Mohammed el-Baradei）同时获得了诺贝尔和平奖。但是，它其实没能阻止原子弹的扩散。到冷战结束，另外三个拥有原子武器的国家，即以色列、印度和南非，已经加入到原有的五个“正式”核武器使用国家的行列当中。20 世纪90 年代初期，南非放弃种族隔离政策时销毁了其核武器库。1991 年的海湾战争之后，在萨达姆统治的伊拉克，发现了一个秘密的核武器计划，尽管国际原子能机构一直在进行着严密地监控，但该计划已经进展到相当先进的程度了。1998 年，像以色列一样，一直拒绝签署该条约的印度和巴基斯坦进行的核武器试验震惊了全世界。五年后，朝鲜退出了核不扩散条约，并宣布自己为核武器拥有国。

核能的一个根本问题是：即使是出于核能利用的美好意图，也使用了最现代化的监督技术，但核能技术在民用和军用之间没有明显的差别。

所有这些颇具威胁性事件的发展都源于核能的一个根本问题，即：即使是出于核能利用的美好意图，也使用了最现代化的监督技术，但核能技术在民用和军用之间没有明显的差别。无论和平使用，还是非和平使用，特别是核燃料和裂变物质的循环过程中，核能技术基本上都一样。核能技术和知识，对民用与军用频繁开放，即核能技术的“两用”会导致一个致命的后果。那些经原子能机构或欧洲原子能共同体授权，并帮助其全面掌握了民用核能技术的国家，迟早都有能力制造出原子弹。自从核时代开始，在开展民用核能计划的同时，野心勃勃、不讲诚信的国家一次又一次地秘密开展核能军事应用的研究。一直以来，包括今天，人们都在怀疑伊朗已经利用民用核技术开展了好多年核能军事应用研究。将核燃料循环的民用部分转移到军事应用上，可以通过各自政府提供的财政补贴，并采取秘密进行的方式来完成。或者，可以偷偷地把民用裂变材料转移到军事应用中，从而躲避相关机构和国际组织对核裂变材料的控制。对这些核裂变材料、军事相关技术以及核技术相关知识的偷窃，也一直令人担忧。

2010 年初，在近东和中东地区的伊朗、阿联酋、土耳其、埃及、沙特阿拉伯、约旦、利比亚、阿尔及利亚、突尼斯、摩洛哥和阿拉伯联合酋长国等国，有15 个新核电站已在筹划建设中。显而易见，这些项目中并非所有的都能得以完成。即使世界比目前的现实更加安全，这些核电站就能建成一半以上吗？无可否认，在今天核能商业化的30 个国家，民用核能技术扩散越广，遏制军事核扩散就需要投入更多的努力。如果出现一个新的类似于20 世纪70 年代的核能繁荣时代，那么50 个、60 个甚至更多的国家掌握核裂变技术后，将会使本来已经不堪重负、长期资金不足的国际原子能机构面临新的无法解决的问题。此外，恐怖分子甚至以

不惜引爆“脏弹”的形式来制造一种新形式的危险。所谓的“脏弹”是指含有放射性物质的传统爆炸装置。它的爆炸不但会造成大规模的人员伤亡，并且会使恐怖分子锁定的潜在目标国家的人们感到更多的恐惧和危险，同时也会导致该地区由于放射性物质的污染而不再适宜居住。

第三个神话：

核废料？没问题！

听起来令人欣慰的核“燃料循环”的概念，只不过是令人惊喜的众多核工业新词之一，事实不断证明这些词汇毫无意义。核循环的神话起源于核技术专家的早期梦想：商业铀核反应堆开始运作后，再处理工厂可以分离出核反应堆中产生的可裂变元素钚，然后，在快中子增殖反应堆中持续用非裂解的铀（U-238）来生产钚（Pu-239），接着又将其用于快中子增殖反应堆中——这个过程就像一台永动机。这样，一个巨大的产业循环就产生了：从民用和产业化的程度上讲，这样的系统需要1000 个快中子增殖反应堆和数十个再处理工厂共同组成。目前，在民用方面能达到产业化程度的，只有法国的La Hague 和英国的Sellafield。在德国，20 世纪60 年代中期，核能规划师们就期望在20 世纪末，所有的增殖反应堆能够输出8 万兆瓦的功率。作为比较：目前德国正在运行中的传统压水反应堆和沸水反应堆输出功率总量约为2 万兆瓦。能源科学家克劳斯·特劳贝（Klaus Traube）是德国增殖反应堆工程的最初负责人，他称核技术的钚循环利用是“20 世纪50 年代核能利用乌托邦式的避难所”。而事实上，核技术的钚循环利用有可能是经济历史上最大的惨败（Traube 1984）。这种技术的缺点包括：价格过高，技术拙劣，在安全方面的争议比传统的核电站更大，此外，还极其容易被挪为军用。所有这些问题，使增殖技术并没有在世界任何地方得以实现。只有俄罗斯仍在独自经营增殖反应堆，其历史可追溯到核技术研发阶段的早期。此外，日本（1995 年，一次严重钠火事故造成在文殊的示范增殖反应堆关闭至今）和印度仍然遵循这条技术路线。

如果增殖反应堆不是未来核技术发展的备选参考，那么，在再处理工厂中分离的钚还于民用的最初目标就不复存在。然而，与法国、英国和俄罗斯类似，日本和印度也在运作较小的再处理工厂。他们的目标是在传统的轻水反应堆中重新使用在再处理工厂中生产的，所谓的以铀钚混合氧化物（MOX）燃料形式存在的钚。除了钚和铀之外，再处理工厂如果不是因为技术原因而关闭的话，首先面临的是再处理过程中所需要的可怕的成本问题，并且，再处理过程还会制造出高放射性核废料，而这些废料是必须要处置的。再处理工厂周边地区将上万倍地曝露在轻水反应堆的辐射水平之上。此外，再处理过程需要对放射性材料进行频繁的、危险的运输，这本身就很容易被军事或者恐怖分子所利用。

“核燃料循环”仍只是在字面上存在而已。

在世界范围内，只有很小一部分商业核电站产生的高辐射废料被再处理，耗尽的铀钚混合氧化物（MOX）燃料部件通常也不会再回收利用。因此，“核燃料循环”仍只是在字面上存在而已。在现实中，这个循环过程不是封闭的。除了产生电力，核能发电站同时也产生各种高、中、低档放射性剧毒废物。这些放射性废料，都必须在很长的时间内被最终安全地处理掉。处理时间的长短取决于放射性核元素的自然半衰期：钚同位素Pu–239 在24110 年后失去放射性，而钴同位素Co–60 失去放射性只要5.3 天。

没有永久的核废料处置场所——到处都没有

从有了核能发电后，这半个多世纪以来，全世界没有建成一个被核准且正常运行的用来处理高放射性废物的场地——这就像一架已经起飞却没有地面降落的核飞机。在某些国家，如法国、美国、日本和南非，处理方法是将半衰期短的中、低

强度放射性废物存放在近地表的特殊容器中。德国选择位于下萨克森州萨尔茨吉特的康拉德旧铁矿井作为深埋地点，专门用来处理来自核电站、反应堆研究和医疗用途的非热核废料。这个旧矿井是德国第一个也是目前为止唯一被批准的永久性核废料储存设施。目前，它尚处在建设准备阶段，预计于2014 年开始运作。

从前面提到的卡尔·弗里德里希·冯·魏茨泽克在1969 年作出的评论中可以看出，早期对核废料问题的处理是多么的随意。当时，作为物理学家和哲学家，他对核废料的处理评论到："这根本没有任何问题。据我所知，在2000 年，德国所有的核废料都将会被填进一个20 米见方的立方体盒子中。如果你正确地将其密封上锁，然后把它放到矿井底部，我们相信这些问题就被解决了。"（菲舍尔等人，1989）。

然而，从一开始就存在另外一些考虑更为周详的观点，尽管这些观点很少为公众所了解。在原子能法案的草案经部长级会议讨论后，一位在波恩的部长级官员严肃地指出："在人口密集的德国建造反应堆之前，放射性废料的无害化处理是个首要解决的问题"。（参见 Möller，2009 年）。这个言论的发表是在1955 年2 月。同时，德国有19 个核电站和原型反应堆被关闭，因为它们受制于初露端倪的"放射性废料的无害化处理"的要求。最终，我们是否可以防止放射性废料几十万甚至数百万年后影响生物圈，这是一个哲学问题，它超越了人类可以想象的边界。就算金字塔，也只有5000 年的历史，但是， 德国核电站在2010 年生产的高放射性废物，必须安全地存储到10010 年或100010 年。别无选择：核废料已经存在，基于这种物质的不确定性，我们必须以今天的知识为基础，努力寻找最佳的技术方案来解决问题。

最终，我们是否可以防止放射性废料几十万甚至数百万年后影响生物圈，这是一个哲学问题，它超越了人类可以想象的边界。

最大的核能国家，渐渐地被迫面对这样一个现实：选择一个核废料的永久处置场所不是简单的技术或科学问题。用于场地选择的国家级批准程序，大部分开始于在20 世纪70 年代以后，迄今为止，还没有批准过任何永久性核废料处置场地。其原因是长期忽视或否定社会大众的抵触情绪、民主参与和选址的透明度。当选择一个适当的处理场所时，通常实际上并不重要的政治战略考量，反而起了决定性的作用。在德国，正在试图改正这些失误，逐步形成了一个有公众持续参与的、分阶段选择的核废料处置场地批准流程。经过多年激烈的争论后，现在看来要像2002 年那样使对核能持赞成和反对态度的科学家们意见统一是不太现实的。在2009 年秋季当选的德国基督教民主党派（基民盟／基社盟）和自由党派（自民党）[2] 联合政府并没有再次寻找核废料处置场所的想法，而是坚持使用20 世纪70 年代以来在 Salzstock von Gorleben 所预备的场所。这样的做法没有考虑核废料处置场所的地质适宜性（尤其是对覆岩问题的考虑），也不估计亲眼见证以及文献中的反对证据，使人们对核废料处置场所选择问题的怀疑更加强烈：70 年代考虑Salzstock 的适用性时并非由科学决定，而是政治因素起了很

2 保守的基督教民主联盟（CDU）和以商业优先的德国自由民主党（FDP）的联盟

大作用（即使政治因素没有起决定性的作用）。任何人在“基于现有知识的最佳技术解决方案”为放射性废物寻找永久处置地时，都必须权衡替代方案的可行性。然而，这从来就没有发生过；如果政治家们坚持选择这个充满争议的地点，最终结果就是让法院来决定是否放弃Gorleben。数十年的时间就这样被浪费了，对核废料永久处置场所的寻找也将不得不重新开始。2009 年以来德国基民盟／基社盟和自民党联合政府德国实行“闭上眼睛，抱最好的希望”的策略，人们因此怀疑这是否真的能成功促成选址工作的开展。而确定的是，把Gorleben 建立成核废料永久性的处置场所，以及同时延长反应堆寿命的企图将会燃起有关德国核能的利害冲突。

在2010 年年初，来自德国环境援助的法律报告得出结论：鉴于核能废料处置的问题仍然没有得到解决，延长核电站预定的使用寿命违反了德意志联邦共和国宪法（Ziehm，2010 年）。

由于德国政府和核能工业企业都企图在Saltzgitter 附近的Salzberg Asse 11 废弃盐矿处置低、中级放射性核废料，那么最有可能的结果就是，在30 年后以一场巨大的灾难而结束。如果像在2010 年伊始联邦辐射防护局（BfS）所讲的那样，十年或者更长时间以后，矿井可能被洪水淹没，那么将近126000 个放置放射性废料的容器必须被打捞出来，重新进行包装，暂时储藏在其它地方，并在一定时间内找个更合适的地方将其掩埋，那么这就预示着一个耗资数十亿欧元的能源政策将会失败。很可能，这将导致史无前例地，电视画面连续十年向每一个家庭报道核技术造成的严重后果。并且这将成为我们留给子孙后代的负担，尽管他们对此并没有任何责任。2009 年10 月16 日，当政府决定开始在核废料存储地进行施工后，德国《法兰克福汇报》无奈地评论道：“这无疑是对德国核能源发展的另外一个致命打击”。根据原子能法的第9 章a 节，核电站运营者“有责任对产生的放射性废料进行有序的处置”。半个多世纪以来，该法对核废料的处置有明确的规定。但是，2010 年和1960 年起草法律时一样，没有明确规定这些义务在何时、何地、以何种方式履行，而这却是最重要的。其实，在法律规定方面，不能简单地认为德国做得不好——恰恰完全相反，其它所有商用核能国家的情况几乎都是如此。目前，只是在芬兰的核废料永久处置点的计划进展良好，而芬兰只有全球436 座核电站中的4 座。该废料处置点位于芬兰西海岸靠近奥尔基洛托（Olkiluoto）项目的花岗岩上，并且工程已接近完工。幸运的是，该核废料永久处置点得到了本地区民众的高度接受。这是由于在同一个地方的核电站多年没有发生任何重大事故，同时该地区还建有容纳低、中级放射性废物的处置场，这大大减弱了大多数居民的恐惧心理。该高放射性废料永久处置场将会在2020 年开始运作。

然而，长远看来，世界上那些核电运营占有更大比例的国家，是无法拥有核废料永久处置场的。在美国，104 个核反应堆满足着约19%的电力需求。经过几十年痛苦的争论，鉴于对核废料永久处置场长期安全性的怀疑，在美国内华达州Yucca 山脉建立永久处置场的计划于2009 年初被奥巴马政府搁置了。因为处置场的容积，可能不足以容纳美国已经累计半个世纪的高放射性废料，并且可以预见，这些废料将来还会持续增加。

第四个神话：

有足够的铀燃料

所谓“核燃料循环利用”的说法，本身就疏漏百出。从该说法提出的一开始，其出发点就被证明是有问题的。为原子弹和民用核电站提供核燃料的铀矿开采让无数的工作人员成为受害者，尤其是在原子能发展的初期。大量天然放射性核元素原本安全地储存于地下，现在却渗透到生物圈。随着持续甚至是大量的使用核能，铀矿开采带来的健康风险和生态代价极可能会显著增加。

在第二次世界大战后，很快掀起了重金属铀的利用热潮。铀本身并非罕见，但是却只有极少数地方的铀浓度足够高，值得开采。美军轰炸日本的可怕影响实际上并没有起到遏制同盟国去获取这一战略资源的企图，反而进一步刺激了他们。他们付出极大的努力扩大铀的开采，确保能获得铀资源。对工人健康的影响则放在了次要地位。美国在本土和邻国加拿大开采铀矿的同时，苏联则加紧在东德、捷克斯洛伐克、匈牙利和保加利亚开采铀矿。由于隧道通风不良、粉尘污染和放射性氡气的影响，经过多年的艰苦劳动，成千上万的矿工在肺癌折磨中痛苦的死去。东德Wismut矿的工人们受到的影响更加严重。该矿有时雇工超过十万人。由于矿山的铀浓度通常只有10%，这导致了大量放射性污染废弃物的产生。这不仅对矿工造成严重的永久性放射性损害，而且影响到了周边地区和当地居民的健康。

随着20世纪70年代核能利用的发展，这种情况一度有所改善。从那时起，政府并不再是裂变材料的唯一买家。以前开采条件特别恶劣，可以说是因为铀具有特殊的军事战略地位。铀矿自由市场的确立使得这一借口无法成立。冷战结束后，这种情况再次发生了根本性的变化，军事上对铀的需求量大大下降。美国和前苏联多余的铀库存资源流入民间核燃料市场。此外，由于在核裁军方面取得的进展，人们可以从苏联和美国封存的核武器中获得大量具有高浓度放射性物质的武器级别铀。其结果是核燃料从战争武器制造向民用经济循环的全面转变。武器级别核材料大量的被天然铀或贫化铀“稀释”（铀238——从中可提取裂变的同位素铀235），然后成为传统核电厂的燃料。这种特殊的情况导致了世界范围内核反应堆铀市场价格的大幅下滑。只有那些铀含量相对较高的铀矿被保留了下来没有进行开采。到2010年，世界上核电厂将近一半的铀燃料不再来自于浓缩的“新鲜”铀矿，而是来自于不再“交战”的超级大国的军事遗产。

冷战时期的军事铀库存将逐渐耗尽。因此，铀的价格也在显著提高——这一趋势可能会继续下去。只要现有的核电站继续经营或全球核武器库继续扩大，那些暂时封闭的铀矿将重新被开采，新发现的即使是含铀量较低的矿藏也会被开采——换句话说，铀的产量会越来越少，而产生的危险废弃物会越来越多，这些废弃物的放射性同位素含量超过平均水平。这对废弃物存放地区的环境和居民健康来说是一个大问题。

铀的价格也在显著提高——这一趋势可能会继续下去。

由于铀生产国和消费国之间的巨大失衡，预期的铀供应短缺正在加剧。加拿大和南非是世界上仅有的两个使用核能发电且不依赖进口铀的国家。那些最重要的核电生产国，要么几乎不自己生产铀（法国、日本、德国、韩国、英国、瑞典和西班牙），要么铀储量已经难以维持他们的

反应堆的长期运行（美国和俄罗斯）。几乎在世界任何地方，只要考虑到核燃料供应问题，核能就不再仅仅是国内能源问题了。特别是俄罗斯，可能很快就会发现自己面临着浓缩铀供应危机——而这种情况，可能会影响欧盟的核电厂运营商，因为它们的核燃料大约有三分之一是从俄罗斯进口的。至于俄罗斯、中国和印度，如果他们向所宣称的那样扩大自己的核武器库，则也同样会面临核燃料短缺问题。

鉴于铀的供应不足，以及绝大部分铀提取工厂都是在不经济的高成本下运作，那么核能全球扩张战略，最终将很快导致“钚经济”的开始。

毕竟，有一点是毋庸置疑的：在2010年初，对世界上正在运行的436 个核电站来说，无论是核燃料供应问题，还是核废料处理问题， 没有一个可以被认为是找到了长期解决的办法。在许多国家，新反应堆的建设已引起争议。而一些国家的政府事实上仍在推进核反应堆的建设，这样只会导致问题进一步恶化。鉴于铀的供应不足，以及绝大部分铀提取工厂都是在不经济的高成本下运作，那么核能全球扩张战略，最终将很快导致“钚经济”的开始。这将使废弃核燃料的再处理变得非常普遍，而使快中子增殖反应器成为核能利用的标准。最终，这会导致需要处置的放射性废料量成倍增加，而且永久处置场所的范围必将扩大到更多的地方，以便获得与之相匹配的充足的核废料处置能力。

第五个神话：

核能有益于气候保护

已经得到完全认可的科学发现，以及世界范围内收集到的证据，都表明气候变化已是不争的事实。把全球温度变暖的幅度限制2 摄氏度以内（与工业化之前比较），是国际社会希望实现的目标，为了尽可能达到这个目标，国际社会要求强制大幅削减温室气体的排放量。工业化国家的气候专家们呼吁到本世纪中叶，二氧化碳的排放减少80％到95％。在人口密集增长迅速的新兴国家，则需要减缓碳排放量的增加，按照设想，这些地区的碳排放量先要保持稳定并最终实现减少的目标。如果人类要生存下去，中国、印度、印度尼西亚和巴西这样的国家，就不能再简单地模仿北半球工业化国家高耗能的发展模式——以燃烧化石原料为发展的基础。特别是北半球工业化国家也不能再像工业化发展初期一样继续以高能耗的模式发展下去。

面对经济发展和气候保护之间的矛盾，以及由此产生的不确定情况，核能支持者把核能技术作为解决这一问题的方案之一就不令人奇怪了。在许多工业化国家以及新兴的发展中国家，关于这一问题的争论再次出现，因为核能技术具有减少全球温室气体排放的潜力。经过几十年的核技术停滞和下降后，正是这种美好的愿景鼓励核能支持者去争取“核能复兴”。在实际运行中，核电站几乎不排放二氧化碳。因此，核能的支持者认为核能将是控制全球气候变暖必不可少的基石。杜塞尔多夫的能源公司意昂（E.on）的经理伍尔夫·本诺塔特（Wulf Bernotat）多年以前就曾提出：“一个能源策略，如果它要持续下去，就必须在放弃核能和大幅削减二氧化碳排放量两者之间进行权衡。这是鱼和熊掌不可兼得的。二者兼得只是一厢情愿的想法”（《柏林日报》，2005 年12 月3 日）。像传统能源行业的其它许多倡导者一样，世界上最大私营能源公司的经理发表如此言论，是为继续使用核能作出最重要的辩解。他们的观点是：如果不利用核能，气候保护注定是要失败的。“不受待见的气候保护行动者”是德国历史上核能游说广告中最广泛使用的口号。我们还记得这样令人愉快的画面——背景中的布隆斯比特核电站沐浴在柔和的阳光下，而前景中的羊在易北河岸安静地吃草。画面上写着：“气候保护的行动者正在每天24 小时为京都议定书的执行而奋斗”。而事实上，自2007 年夏天起，老旧的核反应堆已经被技术问题和安全疑虑困扰了两年多——根本没有发过一度电。

把核能刻画成气候变化的救世主，这种宣传存在根本上的缺陷，这点也已经逐渐为公众所察觉了。从全球范围内解决气候问题的角度上讲，核能在这方面不具备任何明显的潜力。

把核能刻画成气候变化的救世主，这种宣传存在根本上的缺陷，这点也已经逐渐为公众所察觉了。从全球范围内解决气候问题的角度上讲，核能在这方面不具备任何明显的潜力。事实上，尽管总是在说核能复兴，核能对全球电力供应的重要性，预计将在未来几十年显著下降。瑞士巴塞尔的 Prognos 公司在2009 年秋季提出这一观点。在一项联邦辐射防护局的分析报告中，未来学研究者发表了以下关于核工业衰败的预测：核能对全球电力需求的贡献将从2006 年的14.8％下降到2020 年的9.1％再到2030 年的7.1％（Prognos AG，2009 年）。我们后面会将继续谈论到这一点。

核能如何妨碍可持续的气候保护

从以上研究结果可以很明显看出，从世界的角度来看核能不可能成为应对气候变化问题的解决方案之一。另一方面由于全球能源系统的格局即将改变，越来越多的国家努力转向可持续的可再生能源系统：风能、水能、太阳能、生物质和地热，核能甚至成为影响能源格局改变的一个大麻烦。在这样的新情况下，新的核电站根本没有竞争力。但最重要的是它们成了全面解决气候变化问题上的障碍。

足够讽刺的是，在众多核能运营公司中，正是意昂公司的领导伍尔夫·本诺塔特在澄清事实中提供了关键的带头作用——尽管这并不是他的本意。2009 年初，英国政府召开了一个听证会，讨论已推出的可再生能源战略。为了落实相应的欧盟目标，该计划的目的是到欧盟目标规定的时间，将英国电力供应的大约三分之一替换为绿色电力。这一比例未来预计将进一步增加。根据听证会文件的记录，在听证会上，意昂和隶属于法国的国营电力公司（EDF）在听证会上畅所欲言，提出有关促进核能的意图（英国商业创新和技能局，2008 年）。这两者的发言听起来都像是在警告。意昂公司就警告不要“没完没了”地促进可再生能源的发展，否则公司将不会在英国本土上实施新建一个核电站的计划。在他们对英国政府的声明中，意昂公司的游说者建议将绿色电力的比例限制在能源供应最大量的三分之一以下，而根据德国黑／黄联合政府的计划，德国将于2020 年之前就达到这个发电量。法国电力公司明确指出，如果绿色电力的比例超过25%，那么将会影响其在英国建新核电厂的雄心。

在德国，与此相反，意昂公司及其支持者直截了当地表示，来自风能和太阳能的不稳定电力供应和核能之间存在的“系统冲突”。这种具有两面性的争论动机是显而易见的：在英国取消新反应堆建设的初衷和在德国极力推动延长使用老化反应堆的使用的原因并不相同，在德国他们努力争取延长反应堆的使用寿命，因为2009 年可再生能源提供的电力已经占到德国16%的电力供应。无可争议的是，在未来，出于经济和安全的原因，核电站将无法适应日益增加的不稳定绿色电力供应系统以及高度波动的电力需求量。核电站只能月复一月地提供最大的电力输出量。这是修建核电站的原因，也是核电站经营者有利可图的原因。

在一个出于持久性和气候保护考虑的电力供应系统中，核能和绿色能源技术是彼此制约的。

诚然，今天当一些反应堆处于较高的运行水平时，他们输出的电力值是可以被调节的。然而，这样一个不寻常的过程会影响核电站运营的经济性，因为从核电站负荷依赖的运作模式来看，生产的电力少则会影响它们的销售量。同时，这样做也是不安全的，因为有关反应堆的任何输出变化都会涉及到额外的机械的、热的和化学的压力作用到反应堆的重要部件上。这正是法国国有电力公司EDF 在上述有关英国政府再生能源战略的声明中明确提及的内容。以欧洲压水反应堆为例，法国电力公司发言人详细指出为什么在未来英国电力生产中绿色能源不应提供超过25%。理由正是核电站功率控制系统的局限性。当产能占总供电比例不是非常大的情况下，现代的EPR 反应堆才能匹配得上可再生能源供电量自然波动的步伐。在一个出于持久性和气候保护考虑的电力供应系统中，核能和绿色能源技术是彼此制约的。

然而，由于绿色能源只占能源需求的一小部分，2010 年时的英国还远不会面临这种情形。而德国则不同，现在德国不同能源系统之间冲突带来的不良后果已经很明显了——并且这种状况还会逐年愈演愈烈。在任意给定时间里，当电网里需要有大量风电和太阳能电力进入，而核电站不能有效地控制自身的发电量能力，以应对这种变化时，也就是不同系统电力供应冲突发生的时刻。这种现象造成的影响已经真实的发生了——例如，在莱比锡的能源交易所（EEX）中，已经出现了越来越多的负电价格案例。这意味着能源供应公司尽管在生产并供应电力，却蒙受经济上的损失。这种情况初看起来非常荒谬，比如当一阵强风从德国吹过时，可以用于风电生产，而同时电力需求却很低——这种情况通常发生在周末和公共节假日。例如 2009 年的圣诞节，整整11 小时内，现货市场的电力价格都低于零，甚至有时降低至负120 欧元每兆瓦小时。12 月26 日，全日的平均电价是负35 欧元每兆瓦小时。在这种情况下，大型电站运营商仍然向电网供电并进行交易，这很快就增加到六至七位数字的交易款项。然而，迄今为止，对能源供应商而言，从额定负荷电站供应的数小时亏本电能所引起的损失，看起来比先降低发电量继而再恢复他们巨大电站的输出负荷所带来的损失更小。

核能与可再生能源的竞争日趋激烈

无可争辩，现在我们正面临着冲突爆发的威胁。来自可再生能源电站的电力生产正在逐年增长。当气象条件良好时，可再生能源电站可以满足日益增长的电力需求，这种情况已经越来越普遍。只要电网为绿色电力提供优先入网的权力，那么大型核电站电力输出被减少几小时或几天的情形会越来越常见。对核电公司来讲，这是在2009 年底收到的一份很尴尬的圣诞礼物，并且这有可能成为一种司空见惯的现象，甚至会威胁到他们在能源领域的统治地位。到2020 年，绿色能源供应的电力比例预计会在2009 年占总量16% 的基础上增长一倍。德国联邦可再生能源协会（BEE）甚至认为可能会增长两倍。在德国，卡塞尔市的Fraunhofer 风能和能源系统技术研究所对（IWES）电力供应进行了模拟，得出的结论是：在我们未来的能源系统中，按照连续运行模式设计的大型电站的生存空间将越来越少。在这样的背景下，核能源公司会被迫扩大他们的游说力度，以此来抵制可再生能源的进一步扩张，从他们的角度来看，现在电网上的核电站数量越多，情况就越危急。如果决定赞成延长反应堆寿命，那么在德国基督教– 民主党派与自由党派[3] 的联合政府与他们所推进过的核电公司之间就酝酿了下一个巨大冲突。

之所以反对延长核电站反应堆的寿命，不仅是因为其危险性，而且也担心他们的连续运行模式会阻碍能源系统的重组，能源系统的重组有利于可再生能源的发展，核电站反应堆寿命的延长甚至最终会导致能源系统的重组被完全搁置。

虽然在太阳能与铀之间“系统冲突”的问题上，德国远远比英国、美国严重的多，不过政客们似乎远没有察觉到这一点。但经济学家们察觉到了。在可再生能源的进一步剧烈扩张下，Prognos 公司认为核电站的电力输出将不得不减少，并且会越来越经常（Prognos AG， 2009 年）。德国环境咨商委员会（SRU）提交了一份文件中称，连续运作模式的大型燃煤发电站或铀发电站的扩张，与同期利用可再生

3 保守的基督教民主联盟（CDU）和以商业优先的德国自由民主党（FDP）

能源进行发电形式的持续增长，是不兼容的。

环境专家公开宣称："在这个问题上，我们必须做出一个决定。无论是在技术上，还是经济上，坚持两手都要硬的策略是没有意义的"。之后他们果断地争取"一个支持可再生能源系统的决定"。核能公司则选择对这些言论不予理睬，他们担心关于延长反应堆寿命争论的荒谬性会被完全暴露。不难想象，一旦做出延长寿命的决定，他们会采用新的方式来应对可再生能源在德国电网中的优先入网权。

这些都清楚的表明，未来能源系统的竞争，也就是说可再生能源和核能之间的关系已经不再是核能宣扬者企图说服我们时所说的"互补共存"，而是"有你没我"。核能公司用尽花言巧语去促成"无限的能源合作"，但并不奏效，在一个认为可再生能源将占据我们能源供应的主要份额的系统中，这根本不可能实现。然而，根据2009 年10 月的联合协议，促成"无限的能源合作"正是目前执政联盟在德国的目标之一。同时，联盟还承诺延长核能公司核电站的运行寿命。这是根本行不通的。德国联邦政府正试图做不可能完成的事。

关于德国能否实现其在能源和气候保护方面的长期政治目标，世界自然基金会（WWF）设立了一个题为"德国——至2050 年气候保护的典范"（WWF 德国，2009 年）的研究课题。调查表明，这个目的根本不可能实现，除非能源部门进行根本性的改革重组，并且一些部门（其中包括电力部门）在40 年内能够真正实现零碳排放。要达到这个目标，一个最重要的前提就是政界愿意承受传统经济部门的阻力，去实施结构重组。世界的其它地方和德国一样，问题的本质都是如何提高能源供应和利用的效率。有效使用能源的法则适用于很多部门，包括：建筑部门、家庭，当然还包括工业生产过程和交通部门，并且还包括能源的使用从煤炭转向天然气，以及使用还在不断增长的其它能源供给种类，包括太阳能、风能、水、生物量、地热能源，这些新增能源绝大部分将会获取持续的能源来源。"清洁煤"技术——即将那些可燃物（煤和天然气）燃烧的时候所产生的温室气体分离并存储在地层的深处——这种方法是否有效，并且能在何时、何地会取得显著的成效，仍有待于观察。

有一件事是肯定的——正如德国环境咨商委员会做出的评论，在这个巨大的变革过程中，有许多原因促使核能成为"一项阻碍技术"。这不仅是因为核电站额定负荷的发电方式极大地阻碍了能源消费结构向可再生能源发电转变，而且由于核电站存在的灾难风险以及需要相应的工程和财力的保证，这些都限制了能源系统的重组。此外，没有任何其它技术面临着像这样的威胁：一个严重的事故或者对核电站的恐怖袭击就足以让公众彻底抵制这一技术。如果有这样的事件发生，那么很可能大部分的核反应堆，至少在民主国家里，要提前关闭了。

利用核能保护气候是不切实际的

如果要实现和气候相关的全球长期目标，就必须从目前建立在化石燃料和核能基础上的能源消耗系统彻底的向可再生能源供应系统转变。除此之外，别无他法。由于与可再生能源供应相关的技术目前大部分都已实现，那么这种转变也是可以实现的。这种转变越早开始实施，相应付出的代价也越小。转变的结果就是会产生一个可持续发展的能源系统，它同时可以减

小两个巨大的威胁——全球气候变化和灾难性事故。核能支持者不断地宣称“保护气候”和“排斥核能”是矛盾的，其实这不过是他们基于自身利益而发明的一个新措辞。人类没有必要非在一个魔鬼和另一个魔鬼之间做二选一。

核能支持者不断地宣称“保护气候”和“排斥核能”是矛盾的，其实这不过是他们基于自身利益而发明的一个新措辞。

在德国，如果要想通过扩大核能发电量达到基督教–民主党与自由党联合政府的执政目标——到2020 年在电力行业实现二氧化碳减排40% 的目标（与1990 相比），那么至少需要再建10 座新核电站。此外，还需要建设新的核电站来取代因使用年限过期而废弃关闭的核反应堆。早在2002 年，一个德国联邦议院的咨询委员会认为在2050 年之前完成二氧化碳的减排任务将主要依靠核能发电站的建设。科学家们认为，届时将必须建设60 到80 个新核电站才能完成减排目标的。相比之下，截至2010 年，德国可用的核电站只有17 座。

仅仅是在德国一个国家就已经如此，那我们不难预想“减少气候变化影响的核战略”在全球所引起的不良后果。要想达到联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）提倡的二氧化碳减排量，需要新建成千上万的核反应堆。这对电力安全本身的威胁和灾难发生风险将不再只是存在于30 个国家，而是在50、60 个甚至更多的国家内存在。将会有成千上万潜在的危险源遍布世界，在冲突地区这些危险源也许会成为新的军事和恐怖袭击目标。长期的废料处理问题，以及在世界范围内核武器数量失控、扩散的危险将会达到一个新的程度。更重要的是，由于接踵而来的铀资源短缺，现今常见的轻水反应堆将被迫在短期内被钚燃料反应堆替代，而钚工业过程中有再处理过程和快中子增殖反应堆，是更加危险、更加脆弱的核能源利用方式。最后，巨大的财政资源要投资于扩建新的核基础设施，而不是用它来解决全球贫困问题。

第六个神话：

我们需要延长核反应堆的使用寿命

在德国，自2000 年以来，新建核电站的问题一直受到局外人的支持，其中每次肯定包括罗兰德·考克（Roland Koch）或者龚特·厄亭格（Günther Oettinger）（两者都属于德国基督教民主联盟，CDU），直到龚特·厄亭格被任命为欧盟能源局长这种局面才有所改观。然而，CDU 中支持新建核电站的达官显贵们时常遭受到同僚们反对的嘘声——甚至包括在2008 年12 月的联邦党会议上也遭到同僚的反对。在申请大会上，大多数代表投票反对在德国新建任何反应堆。

不过这只是一个既无意义又无结果的决定而已。因为在德国，即使能源公司考虑申请一个建筑许可去建一所新的核电站，它也不能这么做。根据2002 年在德国由社会民主党及90 联盟／绿色联盟通过的《核撤销法案》第1 部分第7 节的内容，“用于商业电力生产的核电厂，其建设和运行（…）将不会被授予执照”。甚至2009 年新当选的黑／黄联盟也坚持暂时禁止建设新的核电站。然而，对核电站运营商意昂集团（E.on），莱茵集团（RWE），巴登－符腾堡电力（EnBW）和瓦腾福－欧洲（Vattenfall Europe）来说，这也不是什么问题，因为即使没有法定的禁令，也不会有一个头脑清楚的核电运营商的领导者愿意在可以预见的未来冒如此大的风险去新建核电站了。因为如果真的建设了，那么取代丰厚的利润的，将会是无穷无尽的损失。

如果反应堆的寿命超过了前红／绿联合政府制订的时限，那么情况则完全不同。核电站运营商一致强烈反对这件事情，好像他们的公司将危在旦夕一样。但事实上并非如此，这些公司管理层定期抛出的论据，与气候保护无关，与安全供应无关，与不依赖进口能源无关，更与为消费者提供便宜的核能电力没有什么关系。事实上，这仅仅同巨额的金钱和保护他们在电力市场的主导地位有关。

自从是否延长核电站使用寿命的争论开始以来，科学家们把所涉及的经费计算了一遍又一遍。延长核电站寿命的争论已经成了日常政治问题，而根据2002 年通过的核裁减法案，延长核电站寿命的做法本应该是被禁止的。但是，近来甚至有银行分析师为他们的潜在投资者进行投资分析，计算在联邦政府真正改变核电站地位之前，核电站运营商将得到多少丰厚利润。

（延长核电站寿命的诉求）
仅仅同巨额的金钱和保护他们在电力市场的主导地位有关

在2009 年的夏天，德国巴登－符腾堡州银行（LBBW）计算了这些核能公司超额利润的总额在38 至233 亿欧元之间，甚至更多。最低利润的估算是基于所有反应堆的使用寿命比核电站逐步淘汰协议中规定的32 年延长10 年，同时假设电力市场价格基本稳定。最高利润是根据反应堆寿命延长至25 年以及较高的电力市场价格。根据这个预测中体现的丰厚利润，这四家公司将会有巨大的升值潜力。这对于巴登－符腾堡电力公司来说，甚至会有加倍的升值潜力——因此LBBW 认为延长核电站的使用寿命是很有意义的。

这个巨大的利润解释了为什么核电公司的管理层似乎乐此不疲地去参加请愿：即使明知会自毁形象，仍然要求延长易发生事故的老旧核电站的使用期限。因此对逐步淘汰核电这一共识的逆转也是要付出代价的。多年来，核能的竞争对手和环境协会发起了“淘汰核能——从我做起”

的运动，号召消费者使用绿色能源公司的电能。同时由于德国核电站在布隆斯比特和克吕梅尔的发生的一系列事故造成的影响， 核电公司瓦腾福·欧洲失去了几十万的顾客。

核能公司自食其言

“双方都将在实施本协议中发挥作用”这个庄严的誓词是2000 年6 月14 日，最大的能源公司代表与社会民主党和90联盟／绿党联盟达成关于核裁减协议上发表的。在该协议上签字的还包括意昂公司的前身—Viag 公司的首席经济政策代表盖哈德·亨宁霍弗（Gerald Hennenhöfer）。作为德国联邦环境部中反应堆安全部门的领导人，他曾参与协议的谈判，但是从2009年开始，他却在推动本协议向反方向进展。这个在1998 年默克尔主持的环境部内负责反应堆部的律师的倒戈是不是在法律上会被接受，实际上将取决于政治斗争的结果。在这个协议签订并开始实施大约一年之后，意昂公司的主席乌尔里希·哈特曼（Ulrich Hartmann）说：“政治妥协也是一个信任问题[…]。这个协议只是第一步。最重要的事情是，双方都得感受到其内容和精神的约束，即使在将来也一样。我们愿意开始这第一步”。三年后，当时巴登– 符腾堡电力的主任乌茨·克拉森（Utz Claassen）坚决地支持这一举措，表示在任何情况下，他们在核裁减问题上的立场都不会有任何改变，他说：“我不认为联盟对此会有所改变，出于对联邦总理的尊重也不允许我做出这样的猜测”。在2005 年大选前，克拉森对于协议达成的共识可能逆转做出的回应中，肯定的表示：“业界不能先要求进行安全规划，然后质疑谈判的过程以及签署的内容”。

然而，当民意调查显示一个对核能友好的政党很可能上台的时候，核能源公司对协议忠诚度就成了问题。但是意昂– 莱茵集团，巴登– 符腾堡电力和瓦腾福·欧洲公司同时弃背了协议的“内容和精神”，尽管他们的管理层和最重要的政府代表曾经在一起正式签署了这个协议。德国人都知道——在金融危机的好几年前——在这个国家一些最强大的公司管理层里，就有些不怎么值得尊重的企业家——因为赢得尊重的前提是他们必须遵守自己签署的合同。即使只是通过握手达成的合同，也毫无疑问地体现了当时大部分人的意愿。

2009 年的大选后的，前钢铁企业家尤尔根·格罗斯曼（Jürgen Großmann），也是2007 年以来莱茵集团的领导者，宣布：“德国发电厂是安全的”，并且评论说这些核电厂已经运行了32 年，正处于“最好的岁月”，而在这期间德国核电站被认定应该关闭。他随后又不经意地却又意味深长地补充说，在国际范围内，核电站的“寿命50 到60 年”是很常见的。实际上情况并非如此。在2009 年底世界范围已被永久关闭的130 个核电站中，在关闭时，其平均寿命约为23 年，而在2010年那些全球正在运行的核电站的平均年龄也只有25 年。只有少量的核电站在运行40 年后才永久关闭，从未有过一例反应堆在工作50 年后还在运转，更不用说有运行60 年的核电站了（Prognos AG 2009年）。尤尔根·格罗斯曼在为他老化的核反应堆做辩护时，提供的数据很不准确。

为什么刮取剩余利润?

德国基督教民主联盟（CDU）和自由民主党（FDP）[4]的代表们一直宣称，他们并不是想让那些从政府延长核电站寿命政策的受益者们“一无所获”。这些代表们希望利用核电寿命延长获得的额外利润进行能源替代的研究工作和可再生能源的开发工作，同时，希望能够降低电价或开展一些其它能够受到公众的欢迎和支持的事项。在2009 年秋天他们的“梦之政府”上台之后，反应堆运营商们暗示愿意进行妥协。非常巧合的是，总理和环境部长都清楚地记得，在社会民主党和90 联盟／绿色党执政时，核电公司就已经被证实违背了已经签署的协议。在2005 年的大选投票前，已经可以明显看出基督教民主联盟和自由派联盟将赢得胜利，前文中提到的沃尔特·霍利菲尔德（Walter Holefelder），当时是意昂公司的主席，同时也是德国原子能论坛的主席，就坦率地提到了从核反应堆延期收益中抽取利润的问题，他表示：“就政策的制定而言，从核反应堆延期收益中抽取利润的做法是非常不可取的”，并且“为商业利润上下奔波的核能运营公司如果不是为了从核反应堆寿命延期中获得利润的话，我们还能指望他们是为了什么？”

> 在道路工程中没有人会建设一座桥让 A、B 两地的路程更长。这就和延长核电站寿命是同一回事，

这个于2009 年通过选举产生的执政联盟向人们保证，只有在一定时间内继续使用核能发电厂，才能够确保过渡到可再生能源时代的“桥梁”。这听起来令人惊讶，但是这种由基督－民主党和自由党联盟提出来的政策其实和它的前身是一致的。正如我们所知，它的前身也没有协商立即取消核电厂，而是采取逐步告别核技术的方式。 如果将核裁减法案中预期淘汰核电站造成的发电量损失与联邦环境部门定期发布的关于可再生能源发展的预测相比较，那么由风力、太阳能和生物能源发电厂所组成的发电量总是可以弥补损失的核能发电量，而且这种情况可以一直持续到最后一所核电站关闭 （BMU2009）。

根据2002 年的核裁减法案，德国核能的“过渡功能”将在2020 年和2025 年之间结束。除了核电公司的收益，并没有其它明显的理由来改变这一规定，即使有所谓的电力供应缺口（往往都是虚构的）的存在。同时，由于煤与天然气发电厂仍在向输电网供电，并能够在比规定期限更长的时间里向电网提供足够的电力，更何况还要建立一些新的煤与天然气发电厂，因此更没有理由改变核裁减法案中的规定。

缩减核能是明智的选择

由于绿色电力在使用过程中存在不稳定的特点，因此，在如何使用绿色电力方面也面临越来越多的真正的挑战，绿色电力只能在一年中合适的时间、合适的地点被利用。如果这些使用绿色电力的电网进行逐渐扩展和重组并加强同境外电网的联网，那么绿色电力的规模使用将成为可能。同时必须充分利用现有的电能存储系统，比如应用抽水蓄能水电设施，而不是用核能来补充风电，以及开发新的电力存储系统（太阳能研究所，Jülich，亚琛技术

4 保守的基督教民主联盟（CDU）和以商业优先的德国自由民主党（FDP）

大学，2009 年）。然而， 如果核能发电厂生产的两万兆瓦电力没有按计划撤出电网，那么这种转换将不可能实现，充其量也只能是在核电下网之后在绿色能源使用方面有所改观，相反在几十年之内核电的存在会阻碍绿色电力的使用。

在道路工程中没有人会建设一座桥让 A、B 两地的路程更长。这就和延长核电站寿命是同一回事，使通往可再生能源时代的路变得更长。德国，如果不做能源变革的先锋，就会在几年内处于落后。

第七个神话：

核能正在复兴

今天在30个核能商业化的国家里，核电站在电力供应中扮演着不同程度的重要角色。在这些国家核电站是构成经济基础的重要组成部分。因此到目前为止，都是各国的能源产业决定本国未来的发展——除非受到外来势力的战略需求或军事战略利益的影响。在正常情况下，能源行业对经济因素有着清醒的认识。进行核能发电是意味着拥有一个印钞许可证？或者更像是进入了一个无底的深渊？这个问题可以根据条件来回答：如果反应堆能够可靠地发20年电，并且没有证据说明该反应堆不能继续可靠的生产能源，那么它更像一个印钞许可证，前提是核电站没有潜在的固有灾难发生。但是如果是第一次建核电站而且该核电站还是一个新系列中第一座核电站，那么建议投资者应该避开任何此类项目的投资，除非投资方可能成功地把不可估量的费用转给第三方承担。第三方承担者可能是纳税人或是电力客户。相同的原则适用于世界任何地方——即使是政府本身建设、运行反应堆，也许会负责相应的善后工作，但是在某些阶段还是需要由公众负担费用。

对于今天不得不投资，或者希望选择投资在电力行业的私人投资者来说，很明显核能发电厂不是他们的第一选择。实证性的证据也能表明这一点。据在维也纳的国际原子能机构统计，在2010年之初，全球共有436个核反应堆在运行，入网的电力产量大约为37万兆瓦。反应堆的数量在2002年达到顶峰，有444个，此后数量已经开始不断逐渐下降。在美国，仅有104个核反应堆并入电网进行发电，并且自1973年以来没有一个核反应堆建设方承建任何新的订单，还不包括签订之后又取消的部分。但是，从2007年开始，美国却存在世界上建设时间最长的反应堆建筑工地。2007年，美国Watts Bar核电站的2区再次开始施工。新建的反应堆预计将在2012年，即核电站奠基的40年后完成。在西欧（除法国）反应堆建设方等了25年，直到2005年才等到新合同，即使到现在也只有两个新建反应堆：一个在芬兰奥尔基洛托（Olkiluoto），另一个在法国海峡海岸的弗拉芒维勒(Flamanville）。

欧洲阿海珐／西门子（Areva／Siemens）财团建设的欧洲压水反应堆已经从一个游说用的典范项目成为所有利益相关方的梦魇。这个项目升级所需的费用从最初的30亿欧元追加到54亿欧元（2009）并延迟了3年半（到2012年）才能开始运行，这导致一个承包公司和建造商之间涉及数十亿欧元债务纠纷的案件被摆上欧洲法庭。第二个欧洲压水反应堆（EPR）的情况也类似，有迹象表明它也有严重的延误和超支问题。

简而言之，除了亚洲，确切地说是除了中国以外，国有核电建设项目对反应堆承建商的要求，仍然是低得令人失望。根据IAEA的统计，2010年之初全世界有56个反应堆在建，其中三分之二在亚洲。在中国，到2010年初有20个新核电站在建，15个新的项目将在两年内开始。还有8个在建的新反应堆主要在俄国和东欧国家。自它们开工以来已经20年过去了。若放在任何其它情况下，这种建设项目都已经被称作为烂尾工程。

可再生能源的使用是全球发展新趋势

在巴塞尔的Prognos公司为联邦核辐射保护办公室准备的分析报告中已经提及了可再生能源的全球发展趋势。关于“核能复兴”的疑问，专家们立足于核电站建设发展的全球规划和经验，调查了核能的发展情况。显然分析报告中的审查结果打击了那些核能的游说者：到2030年之前

不会有核能复兴发生。相反，Prognos 的分析师预计全世界运行的核电站数量到2020 年将减少近四分之一，到2030 年减少近30%（Prognos AG 2009 年）。结果就是，到2030 年全球核电交易的总额将会减少到不足2006 年交易量的一半。核电作为应对气候变化的利器将被证明只是一个错觉。自2000 年开始到2009 年的金融经济危机，全球发电能力经历了一次全面的爆炸性增长。发电站可以提供的发电量以约15 万兆瓦／年的速度急剧增长，其中，核能只占了大约2%，在2008 年和2009 年甚至还不到这个比例。在这段时间里只有两个新的核电站投入运行，提供1000 兆瓦的电力，但是同时关闭了4 个总产能近3000 兆瓦的反应堆模块。尽管这两年有全球性的经济和金融危机发生，但是，风力发电行业的发展还是额外提供了近6 万兆瓦的电力。

虽然核能已被证明是边缘角色，但是，根据全球电厂发电量的巨大增长，反应堆运营商仍然决心争取延长现有反应堆使用寿命，使其远超过建设时最初设计的25 到30 年。根据国际原子能机构的乐观描述，预期现有的这一代核反应堆的平均寿命为45 年。在过去的几年中，美国政府决定延长104 个核反应堆中一半以上的核反应堆寿命到60 年。预计大部分现存的核反应堆将会按照相似的使用寿命进行应用。同时业界正在讨论是否将核反应堆的寿命延长至80 年。2010 年，美国反应堆实际的平均年龄为30 年。

> 半个世纪以来，核电工业一直都是期望很高，但回报很低。

如果没有发生任何严重的事故扰乱目前的平衡状态，并且也没有任何昂贵的维修费用，也没有核反应堆长时间关闭的事件发生，或者核反应堆中没有任何核心组件（例如，蒸汽发生器）因磨损、撕裂或腐蚀而需要替换，那么，1000 兆瓦发电能力的老化反应堆就可以继续廉价地发电，并不会遇到任何竞争。

延长核反应堆寿命仅仅是推迟核能源产业的“死亡时间”——也就是说大型核反应堆的退役和拆除以及涉及的达数十亿美元的花销是不可避免的。因为燃料费用只占经营核电站成本的一个较小部分，因此，所有的核电运营公司都指望着这价值数十亿美元的额外产量。

然而，这一切对寿命的讨价还价与核能是否复兴毫无关系。如果说有什么联系的话，事实正好相反——对“额外时间”的要求则更加明确地说明电力供应商出于经济因素回避投资新的核电站，他们更希望从老电站上尽快捞钱，却没有考虑核反应堆因年龄的增加，危险也逐渐增加。

核能源的供应已经持续下降数十年之久，而且还将继续下降。甚至在美国富有侵略性的核武器政策主导的八年中，布什政府都没有促成建设哪怕是一个新的核电站项目。在西欧也仅有两处建设项目。然而，数十年以来所进行的研究，目的都是为了证明与其它技术相比，新核电站的发电具有竞争优势。

这些研究的缺点是，只有作者和赞助商相信研究中做出的预测，而潜在的投资者并不相信。这就是为什么新一代核反应堆的真实成本会有这么多不确定性的第一个原因。对于如此大规模的投资，特别是关于核电站建设、融资、处置和拆除的费用，没有可靠的数据用于预测工程总投

资。这是由于：对于几乎所有已公布的，由分析家估算出的预测值的准确性都是值得怀疑的。这还由于：所有这些数据通常来自于想卖掉反应堆的承建商或来自政府、协会或游说团体，他们最起码要迎合公众对低电价的预期，以获得公众对本来就不受欢迎的核能的支持。

然而，除了这些关乎自身利益的因素之外，也存在客观的因素。因为到目前为止，每一个新系列的反应堆建设都面临长期的工程延误、建设初期昂贵的补贴、以及长期关闭的后果，所以潜在的投资者对新反应堆建造方曾经乐观的预测感到非常不满。他们的经验是：半个世纪以来，核电工业一直都是期望很高，但回报很低。

在美国超过250 个核反应堆的订货单里，后来几乎有一半被取消了，主要是由于，到核能电厂投产时，最终的成本比预计平均要增加一倍多。《福布斯》杂志把美国80 年代中期核电工业的崩溃称为“经济史中最大的管理灾难”。美国原子能委员会（AEC）在70 年代估计1000 座核电站到世纪交替时只有13% 会建成。反应堆承建商在西欧以及东欧国家也经历了类似的情况。

反应堆承建商数十年来一直未兑现将核反应堆费用降低的承诺。不论是从安全的角度，还是从财政的角度，核能依然是高风险技术。

对于新核电站的性能，不能做出可靠的预测。这主要是由于新型核反应堆中主要采用了未经验证的技术。根据一篇发表在2009 年夏天的分析报告称，纽约评级机构穆迪（Moody's）预计：由于不可估量的风险，支持建设新核电站计划的供电公司的信用等级将定期降低。新技术，也包括核能发电之外的技术大多数都是相对连续的沿着可预期的“学习曲线”发展，以持续降低的价格正常前进。而半个多世纪以来核反应堆承建商却是从核燃料商业化开始一遍又一遍从头再来，没有任何积累。

因此在上世纪70 年代和80 年代，反应堆承建商建造的反应堆越来越大，希望这些大反应堆从整体上能够产生比小型反应堆更便宜的电力。然而，经济规模的改变并未解决问题。反应堆承建商数十年来一直未兑现将核反应堆费用降低的承诺。不论是从安全的角度，还是从财政的角度，核能依然是高风险技术。

通过资金补助才能激励核能发展

这项政策尤其适用于美国。八年来，布什政府竭尽所能刺激国内的电力供应商建造新反应堆。据说到2050 年要新建超过300 座核电站。然而，我们仍然在等待核工业的再次繁荣昌盛（斯科索尼 2009 年）。乔治·布什卸任后，继任者巴拉克·奥巴马承诺给不愿建设新反应堆的电力供应商提供全方位的大量补贴。在这些补贴承诺中，政府为第一所新建的核电站提供的担保超过总费用的80% 被看作是所有承诺中最重要的一点。这样一来，巨大的风险代价，例如正常建设的新核电站的延期损失，将由电力供应商和反应堆承建商身上转移到纳税人身上。而且特定的减税政策也可以被认为是，人为降低新核电站发电电价的措施。同时，新建核电站的审核程序也缩短了。政府承担了大部分的有关获得核电站建设许可的费用。当发生事故时，核电运营公司的责任也降低了。最后甚至宣布将利用其它国家的援

助。日本和法国政府也答应资助由两国参与的美国核电站建设项目。

但是，美国核电工业界依然没有因为有了这些保障而高枕无忧。相反，核工业界立即宣称政府做出的各式各样的承诺和所启动的援助还远远不够。核能工业要实现真正的复兴需要对煤与天然气发电厂加收二氧化碳税。早在2003 年麻省理工学院（MIT）就表示，只有对每吨二氧化碳征收100 美元的费用，新的核电站才会比化石燃料发电厂更具有竞争力。2008 年美国国家科学技术委员会通过计算电力价格发现，与其它低碳技术（太阳能除外）的发电方式相比，核电价格明显偏高，即便是目前电价较高的太阳能发电技术，其价格下降的速度也非常迅速（Kaplan 2008）。很明显，如果没有因二氧化碳排放税和碳排放交易制度所引发电价的激增，核电建设即使有补贴，在与化石燃料发电竞争中也将没有任何优势。即便在这种情况下，根据国会委员会的分析，现代天然气发电厂所发的电仍更便宜。从经济角度来看，这种必须依靠政府补贴保持竞争性的技术是没有前途的。

从经济角度来看，这种必须依靠政府补贴保持竞争性的技术是没有前途的。

然而，即使在这种情况下，巴拉克·奥巴马和他的能源部长朱棣文也没有完全放弃发展核电。2011 年的预算已经为新建核反应堆做了高达54 亿美元的信用担保，其中一个原因是美国存在强大的反气候保护联盟。但是，没有人希望现任政府像小布什政府一样继续采取富有侵略性的亲核政策。如前所述，2010 年奥巴马已经取消了有争议的Yucca 山脉永久废料处置工程建设的预算。即使有这样的政策转变，长期存在的核安全问题依旧没有得到解决。此外，2009 年所做的预测显示，之前申请的废料处置能力还不足以处理2020 年之前产生的民用核废料，更不用说要处理来自军事用途的放射性废料以及核电厂运行产生的核残渣，并且2020 年后这种状况还将会继续保持。

2009 年初，虽然美国核能管理委员会（NRC）公布了17 个核电站中26 个反应堆的运行许可证申请，但是没有人，甚至包括美国核工业本身都不会认为这些申请的反应堆会被建造，即使有的话也会很少。由于华尔街和其他独立专家的分析和预测，潜在投资者认为投资核电建设的风险巨大。他们提出了高得离谱的成本预算。最近的计算显示，核电站平均建设成本会比兴起核复兴话题时提出的成本高出四倍。由佛蒙特法学院的马克·库珀2009 年夏天做的一个成本效益分析可以看出，为解决美国能源供应问题，核电是迄今为止最糟糕的选择（Cooper 2009）。根据他的分析，核能发电导致电价高达12 至20 美分每千瓦时，而投资能效电站和可再生能源发电将会使电价下降到平均6 美分每千瓦时。如果到2050 年，只有100 座新建核电站（数目仅相当于目前运行的反应堆的总量），在反应堆的寿命期内，与致力于能效技术和可再生能源技术的能源政策相比，估计将多花费美国公众约1.9 到4.4 万亿美元的巨款。

在西欧，只有芬兰和法国在2005 和2007 年各自开建了一座新的核反应堆，这两座反应堆目前仍在建设中。因此美国应该看到，大西洋彼岸对核能冷静的经济预测并不是极端的核能批评者凭空想象的结果。即使正在建设中的，作为原型验证工程的奥尔基洛托核电站第三期的欧洲水

压反应堆，也不是芬兰电力行业自愿发展的结果，而是源自政治的压力。由于电力需求近二十年来不断大幅提高，导致芬兰用电量超出欧洲平均水平一倍多。同时政治家们担心他们的电力供应太过于依赖俄罗斯天然气，以及担心如果不发展核能源技术，他们就完不成京都议定书中对气候保护的承诺。结果就是，主要由公众投资的电力供应商Teollisuuden Voima Oy（TVO）与法德财团合资的阿海珐／西门子签订了核电建设合同。

国际核能界希望通过奥尔基洛托项目证明两件事。首先，从某种程度上讲，两个欧洲重量级机构已经筹划了二十多年的一个核电厂已经开始实施了。其次，在自由竞争的电力市场，核电再次成为有价值的投资方向。然而，项目从一开始就出现了问题，因为该项目的融资是通过60 家机构完成的，这60 家参与机构大部分都是电力供应商，而为了让电力供应商参与到项目的建设，就签署了一份协议，保证今后核反应堆产生的电力能获得相对较高购买价格。TVO 和核电站建设方协商就以一个“交钥匙” 反应堆的固定价格达成一致，这个价格可能达到30 亿欧元。像阿海珐／西门子这样的建设方确实希望争取到这样一个有特别优惠条款的合同，以确保他们能够得到不惜代价进行施工的许可。这样，在该工程开工之前就显而易见的是，这个反应堆的建造者已经设立了一个特别大胆的成本架构，以确保这个示范反应堆在与化石燃料发电厂以及其它核电竞争对手竞争时获得胜利。

起初，在20 世纪90 年代EPR 发展的时期，核反应堆的发电量还是在不断的增长。核电站的规模被认为可以确保发电效率和效力。现在EPR 的设计电力产量能达到1,600 兆瓦，是迄今为止世界上发电能力最高的核电站。然而，根据预测，这种核反应堆与其它形式的核电，甚至包括非核能电力生产形式，在招投标过程中更有竞争力，这个预测已经被证明是错觉，事实甚至比它对手所预测的更不靠谱。正如前文所提到过的情况，核电厂建设至少延期三年，成本激增大约80%，其它之前所设定的目标也将不可能实现。例如，在核反应堆的使用寿命内，计算出的盈利率可以达到90% 以上——到目前为止，即使是示范电厂也远远没有达到这个水平——这就像估计核反应堆60 年的使用寿命一样，也同样没有达到。因此，远在这个项目完成之前，就可以很明显地看到，根据在此期间对奥尔基洛托核电站3 号反应堆参数的改变，根本不可能成功地与其它非核能源方案进行竞争。其它经济部门对于这种情况只有一种解释：倾销。

受反应堆建设方本国利益强烈影响的反应堆建设项目（如：阿海珐和西门子），在财政安排上大同小异。在慕尼黑注册、由巴伐利亚自由州（西门子的总部也坐落于此）控股50% 的德国巴伐利亚州立银行（BayernLB；Bayerische Landesbank）是一个国际财团的合伙股东；该国际财团对芬兰的EPR 项目提供的低息贷款（据称利息率为2.6%）金额高达19.5 亿欧元。法国政府通过科法斯机构（Coface agency）向阿海珐提供高达6.1 亿欧元的出口信贷担保援助。因此，值得怀疑的是，如果没有财政上的政府支持，是否还会有人愿意投资建设核电站。

在法国诺曼底海岸的弗拉芒维勒建设第二个EPR 电厂时，这个问题没有出现。该EPR 电厂是国有核电建设企业—阿海珐，为国有电力供应商—法国电力公司（EDF）建造的压水反应堆。但是在芬兰的EPR 工程，由于成本的螺旋上升，使整个工程失去控制。2010 年伊始，根据报纸报道称，这项建筑工程的进度落后了两

年。EPR 型的第三、四号反应堆是在中国建设，即在国有经济的条件下进行建造。

由于建设核电站有如此巨大的不确定性，如果电力供应商和反应堆建设商不能或不愿意垫付资金的话，那么他们就得被迫去以高价吸引风险投资参与核电站建设。因此，仅次于基建成本，资本成本是核电站建设融资过程中要考虑的第二个主要问题。随着主要工业国家对能源市场放松管制，这个问题也日益尖锐。由于受财政和金融危机的影响，电力需求量也随经济衰退下降了很多，也使这一问题越发严重。

过去的情况还好些——至少对于那些想建造、购买或投资核电站的人来说是这样的。在得到政府许可，保证电力供应商的垄断地位时，即使核反应堆的表现不佳，投资者也可以假定其资本总有一天可以从电力消费者那里收回。然而，在解除能源市场的管制后，情况就发生了变化。核能由于极高的投资成本和可能会持续几十年的投资回报期限，使其不能适应无管制的能源市场。投资成本也急剧增加——除非潜在的投资者就非要选择投资核能电厂的建设（尽管投资其它技术没有这些问题的困扰）。许多国家都经历了天然气发电厂在上世纪末最后几十年高效运转的繁荣时期，原因如下：经过证实，天然气发电机组的每千瓦时安装成本非常低；从订货到电厂开始运行所花的时间也很短，并且发电厂的组件绝大多数已经是工厂批量生产的产品。另外，与铀燃料在核电站中所占的比例相比，由于天然气的燃料成本在天然气发电厂总成本中占据着很大比例，且这一比例在相当长的一段时间里是相对较低的，所以核电站根本没有优势。在此期间，天然气的价格可能会增加，但同时可再生能源领域的技术将会有更大的进步。这样看来，资金投资于这些21 世纪的关键领域会更加有利可图，而不是投资在新系列核反应堆上。这也会使那些潜在的反应堆建造者们越来越难以获得建设资金。

核能发电神话的终结

我们已经看到由于一系列无法衡量的因素，使得核电站对于投资者来说，成为了一个孤注一掷的赌局。举例来说，从做出投资决策到商业运行启动之间的时间远长于其它的发电技术。Prognos 公司通过调查计算得出，在全球范围内仅是核电站的建设时间就为八年。在获得建设许可方面，由于责任部门要接受群众的监督，而且处理过程需要特别小心谨慎，从而存在巨大的规划问题和时间延期问题。此外，新的与安全相关的研究结果，使得批准程序有必要进行相应的修订，否则法院很可能支持由反核电主义者提出的反对意见。例如，迄今为止，英国最后的反应堆Siziwell B，其获得授权进行建设是在1979 年，但开始商业运作却是在16 年之后。

尽管报纸上有各种各样的炒作，但报道中涉及的绝大多数国家并没有任何相关的证据证明他们实际开始了新的核电建设项目。

对比其它大多数发电技术，核电站投入使用后，甚至仍然要有几十年不间断的高成本投入期。这些投入包括：处理放射性核废料、监督已经被关闭的反应堆，以及拆除“性能下降”的反应堆，这个“性能下降”的时间还不尽相同。从财务的角度讲，做所有这些事情所需的费用，必须在核电站运行期间获取，从而预留下来为将来使用。这些费用，以及为可能发生的事故买保险的费用在不同的国家是不同的。由于常规降息在预期的这段时间内不会非常准确，在这种情况下，估算这些费用尤其困难。在15% 的贴现率下，15 年应付的成本，在15 年后将可以忽略。由于这些费用是确保必须要花出去的，只是时间问题，因此也代表着有关反应堆建设筹资和电力生产成本计算中的其它不确定性。

对于亚洲国家，尤其对中国而言，在2010 年初就有20 个核电站建设项目，尽管前文中提到的那些困难，但中国新反应堆建设项目的数量在过去的几年里还是略有上升。事实上，在中国，核电站六年的建设时间是低于世界平均水平的。中国计划到2030 年建设50 到60 个反应堆，可是，即使他们完成了这些核电厂的建设，其发电量也仅能满足其国内4% 的电力需求。

相反，西方国家仅存的为数不多的反应堆建设商暂时还没有什么核电站建设订单。中国是因为越来越强调和重视发展其自身的核电建设技术，才有这么多新建项目。除了关于延长反应堆寿命的讨论，其它有关核能的事情都与亚洲国家有关。尽管报纸上有各种各样的炒作，但报道中涉及的绝大多数国家并没有任何相关的证据证明他们实际开始了新的核电建设项目。因此，政客和公众们甚至比反应堆建设商和电力提供商更加努力地推进核能复兴的讨论。他们相信，利用核能以及通过维持能源经济的传统结构，将能够更好的履行气候保护的责任或者在短期内避免电力短缺的问题。这也产生了一些影响，因为政客和公众越是急于推动核技术的复兴，潜

在的投资者越是能顺利地要求政府提供援助。

很明显，新核电站只有在提供巨额补贴的国家，或者核技术已经上升到国家主义一部分、并且成本是次要因素的国家里才具有竞争力。在市场经济框架下，无论未来计划在哪里建设新的反应堆，可以预期的是，投资者都将会沿着前面提到的美国的补贴模式呼吁政府提供支持——以确保抵御建设成本上涨、运行期间出乎预期的长时间关闭、燃料成本的价格波动，以及核反应堆报废、拆除和废料处理方面等难以计算成本的风险。最后往往还要依靠国家自身去处理核电站严重事故所造成的后果，包括处理放射性元素大量释放所造成的危害。世界上没有哪个核电运营公司能独自完成这些事。保险公司仅仅赔偿核电事故造成损失的一小部分，并且赔偿的数额在不同的国家也不一样。和处理核电事故预期的总成本相比，保险公司的赔偿在任何情况下都是少得可怜的。

核能已经经历了它的未来，而可再生能源的未来正在不远处召唤。

我们已经看到，即便是从经济的角度来说，核技术也是处于一个独特的位置。由价值数十亿的政府补助启动的核电站商业化进程在历经了多半个世纪后，核电技术的支持者们仍然坚持需要多达数十亿的政府补贴才能令核能重生，就好像核电技术仅仅是缺乏商业化运营的启动资金问题一样。令人震惊的是，竟然是那些呼吁需要“更加市场化”的政客们首先要求并且赞同这种特殊对待的运作方法。同样是这些人，从纯市场理论的论点出发，多年来一直在许多工业化国家反对为可再生能源，如：太阳能、风能、水能、生物能源和地热能的商业运营提供政府财政支持。然而，不论是过去还是现在，这两种能源形式都有一个根本性的区别：核能已经经历了它的未来，而可再生能源的未来正在不远处召唤。

面临决择：

能源供应的未来

鉴于气候、资源和金融危机等因素，关于核能源的讨论在一些主要国家开始重新展开了。由反应堆建设商和他们的政治及媒体代言人所引发的所有关于“核能复兴”的火热讨论背后，都会最终导致一个根本性的、意义深远的决定。从第一次提出，到截止目前的最近一次核能发展热潮，在此期间，全世界范围内建造的绝大多数核电站都已经接近他们技术寿命的上限。在接下来的十年时间里，根据各反应堆的寿命时间表，核电站的发电能力将不得不被取代，而且被取代的数目在未来还会增加。面对未来，可供选择的能源使用方式包括：快速增长的可再生能源（风力、太阳能、水能、生物能源和生物热能），一个总体上更有效率、化石燃料能源使用比例不断下降的能量系统，或者扩大核能的发电量。目前一些主要的核能国家正在关注这样一个问题：他们是否想继续使用那些已经超出了最初设计寿命，并且还正在不断老化的现役核反应堆。这个选择对于电力公司来说是很诱人的，因为这样能够省掉高达数十亿美元的新建核电厂的投资，并且还可以从那些已经报废的老化核电站生产的低成本电力中获利。那些不可避免的意外风险对于每个独立的经理人来说都是可以控制的，尤其是不在自己公司的核电站以及不在自己的有限任期内发生的事故，他们也不需考虑核事故所引发的严重后果。这是他们的关注点不同于一般公众的地方，因此延长核反应堆的寿命带来的收益与由此增加的核事故引发灾难的风险之间是根本无法比较的。如果所有或者大多数核电站运行更长的一段时间，一个灾难性事故发生的风险将会极大的增加。

到目前为止核能还没有复兴。有的只是核能复兴的口号。

现在世界正处于气候变化、人口增长、贫困加剧以及有限资源不断减少的状态下，在这种情况下要如何实现能源的持续供应，这个问题远比怎么处理核能问题更重要。所有发达工业国家和那些新兴国家（这些国家有些从不使用核能，有些即使用了，量也非常少）都应承担能源供应的相关责任。新能源系统将不再只是单一建立在化石燃料或核能基础上的，这一点非常明确。而更加确定的是：我们的未来不能依赖于由传统能源产业支撑的高风险技术创造效益之上，而上世纪中叶开始的复兴恰恰经历了这样的发展历程。

到目前为止核能还没有复兴。有的只是核能复兴的口号。而且核能复兴也不是一夜之间就能完成的。“逐步淘汰老核反应堆的计划正在修订之中，建造新核反应堆的计划已经提上日程，并且只有在德国，还存在着最后的与核能反对者之间的较量”，德国《经济周刊》在1990 年9 月21 日的报道中以“核能复兴”为题进行了积极的报道。由于德国核工业及由基督教– 民主党派与自由派联盟[5] 构成的“梦

5 保守的基督教民主联盟（CDU）和以商业优先的德国自由民主党（FDP）

之联盟”提出放弃“逐步淘汰核计划”的政策，这又导致了一系列关于核能的争论——这种争论在德国尤其激烈，因为对于某些人来说，这也许意味着一次核能复兴的希望。在一些核能有着举足轻重作用的国家，未来能否利用核能的讨论更是一种社会– 政治的大争论。未来能源该怎样选择，结论依然悬而未决。迄今为止，那些已经被授权进行建设的新核能项目还不足以维持目前核电在全球电力生产的比例——如果不是在绝对数字上，至少在相对比例上来说肯定是成立的。到目前为止，核电站项目只存在于以下两种情况：把发展核能电力上升为一种国家意志；或者，政府准备数十亿美元用于防范核能项目所引起的安全和金融风险。任何想要建立新的核电站的国家或是在政治上被鼓励这样做的国家（如在美国或者英国的例子）都需要政府为核能源的发展预先铺平道路，就像20 世纪60 年代时所做的那样。

这听起来很矛盾，但当时核能的商业运作之所以可行，是由于电力市场还不是完全竞争的状态，也就不能证明这种核能的商业运作模式效率低下。这一方面是因为电网的垄断经营，使得电力供应也被视为是一种“天然垄断”，另一方面，作为一种公共服务，电力供应是由国有或类似的公司提供的——至少算是准垄断的形式。因此，在大多数工业化国家，最初都是由政府主导开始对核能进行民用或者秘密的军事研究和开发，后来又利用核能进行工业政治的交易。政府投入巨大的成本在这项新技术研究、开发和商业运作上，通过影响供电商的电价结构从而确保直接或间接的把这些负担转移到消费者身上。

在解除管制的电力市场，建设新核电站的诱惑并不足以吸引核电建设公司参与。并且，不仅仅只在美国，在其他国家也是一样，有更多的在融资方面更具吸引力而且经济风险更低的项目。因此在自由市场经济中，尽管用电需求和电站的电力输出在整体上都有所提高，却仍然没有新核电站在建——除非公众的腰包再一次向核电建设的资金风险敞开。就像在芬兰已经进行的核电建设项目一样，美国也是这样。除非这一政策有所变动，就如许多专家期望的那样，奥巴马取消那些期待已久的建造新反应堆的规划许可。在正常的电站建设市场中，（政府进行）慷慨的资助方式也不会再出现；来自其它部门——也就是越来越重要的可再生能源部门——的竞争者也不会永远坐视不理，任由政府部门一边倒地去资助一种50 年前就已经出现的技术。美国已经出现了这种批评的声音，例如2009 年美国自然资源保护委员会（NRDC）的代表就在美国参议院要求：美国不应该再对已经在国外进行尝试和试验的反应堆系列的建设提供财力支持，并且表示：这种财政补贴的核能发展政策不仅影响了市场的正常发展，对其它技术的发展也造成了伤害，而且还导致了在向低碳能源工业转变中出现的经济效率低下问题（Cochran/Paine 2009）。

在21 世纪初，再次对核能进行全面公正的评价，得出一个明确的结论，这个结论同30 年前一样：

- 发生灾难的风险：30 年前核能成为最具争议的发电形式，今天这个风险仍然没有解决方案；
- 恐怖袭击的新危险：不能彻底排除了该技术向世界不安全地区扩展的可能性。
- 全球核能发电的扩张会更快地导致铀燃料短缺——又或者使核能发展完全转向快中子增殖反应堆技术。这个新的技术方向相当于将核能技术永远地引向了所谓的钚路径。它会

使发生灾难事故、恐怖袭击和核武器扩散等的风险增加到一个全新的、更加糟糕的程度。

不论是否使用核反应堆增殖技术，永久废料处理问题都得不到解决。我们必须要寻找一个解决方案，因为废弃料已经存在。但这似乎只是一种解决方案而已。从核废料本身来说，在核废料不断增加的情况下，这已经成为一个充分的理由就是不能再加重核废料处理这个日益困扰人类的问题了。

核能不能解决气候变暖的问题。即使将所有手段融合到核能技术中（从总体而言，这对核能的发展将会是灾难性的），如果核能技术对气候保护有贡献的话，也只是迟来的、少量的贡献。因为缺乏任何工业扩展的能力，伴随着巨大的成本和成倍增加的风险，核能由于其不负责任的发展特点决定了将它用于解决气候变暖问题是不切实际的。相反，可预测的是，根据现存核发电站的年龄结构，在未来的几十年里，全球核反应堆的电力生产能力很可能会大幅降低。同时有可靠的预测表明，全球能源战略首先注重可再生能源的发展，同时注重提高能源、工业和运输行业以及供暖系统的效率，这样就能够达到所必须的二氧化碳排放减排量——即便是没有使用核能技术也能达到这样的效果。这面临着巨大的挑战但同时也包含着巨大的机遇。克服这些挑战，需要一种世界性的能源政策。在全球温室气体排放上负有责任的世界各国迟早要在控制温室气体排放方面团结一致起来。在所谓的发展目标上的争论——“气候保护或核能”，这是只是核能产业集团基于自身的利益而产生的妄想。

很显然，如果没有政府大量的财政介入，在可预见的将来，是看不到核能技术复苏的。当然，这也并不意味着核能的复苏完全没有可能性。如果某一灾难性的事故并未停止核能技术在中国的发展进程——若当地居民幸免遇难——数十个反应堆将会在中国落成。并且，除非是资金耗尽，或者是中国的大型核电站抑制了相对廉价的可再生能源的扩张，这种进程就不会停息。在世界各地，与其说核能是一个使用已有投资的电力行业，不如说是一种政治，正是由于不断减少的化石燃料资源、不断提高的能源价格以及必须履行的气候保护义务，才将核能引入以平衡这些矛盾。在美国，从核能的狂热支持者乔治·W·布什政府换届到持适度怀疑态度的巴拉克·奥巴马政府，关于以上三个问题所引发的争论都在持续进行下去。也正是这些争论促使芬兰开始建设新的反应堆，推动德国取消逐步关闭老核电站的政策的讨论，并引发其它各国围绕是否建设新反应堆展开讨论。

如果我们想要避免灾难性的全球变暖悲剧发生，为什么要选择最慢的、最昂贵的、最无效、最不灵活和最冒险的方法呢？

世界各地的政治家往往倾向于，在现有的体制内与他们熟悉的经济主体之间开展相关的策划和活动。在核能发电站开始商业化运作的半个世纪后，他们中的一些人会毫不犹豫的再次为将核能“推向市场”给予财政上的支持，仿佛这是世上最自然的一件事情一样。在德国，新反应堆的建设尚未提上日程，原因很简单，没有潜在的反应堆投资者愿意承担这种不可估量的经济风险，因为所见之处，大多数公众都不支持核技术的发展。相反的是，莱茵集团，意昂，巴登－符腾堡电力和瓦腾福公司打算依靠这几十年的储备——以牺牲安全的代价继续发展核能。基督教－民主党和自由党联合政府正在为此服务，他们准备延长老化反应堆的寿命——就是通过这种方式，他们也在帮助那些为延长核

反应堆寿命鼓吹多时的公司争取多达几十亿的剩余利润。

在任何情况下，在围绕核能未来的根本冲突中，逻辑法则很少能起到任何真正的作用。早在2007 年10 月，最著名的科学杂志《自然》对核能的发展就发表如此的评论：“是核能工业需要气候变化，而不是气候变化需要核能工业。如果我们想要避免灾难性的全球变暖悲剧发生，为什么要选择最慢的、最昂贵的、最无效、最不灵活和最冒险的方法呢？在1957 年尝试使用核能改变全球变暖的做法是正确的。但是，在今天核能仅仅是向可持续电力供应过渡的一个障碍。”

到这里，要说的已经都说完了。

References

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (Ed.): “Die Energiestudie” – Vergleich wegfallender Atomstromproduktion mit zusätzlicher EE-Stromproduktion jeweils seit 2000. Präsentation Nestle, Uwe. Berlin 2009.

Cochran, Thomas B./Paine, Christopher E.: Statement on Nuclear Energy Developments Before the Committee on Energy and Natural Resources.Washington DC 2009.

Cooper, Mark: The Economics of Nuclear Reactors: Renaissance or Relapse? South Royalton (Vermont) 2009.

Fischer, Bernhard/Hahn, Lothar/Küppers, Christian: Der Atommüll-Report. Hamburg 1989.

Fraunhofer IWES: Dynamische Simulation der Stromversorgung in Deutschland nach dem Ausbauszenario der Erneuerbaren-Energien-Branche. Abschlussbericht. Kassel 2009.

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (Ed.): Schutz der deutschen Kernkraftwerke vor dem Hintergrund der terroristischen Anschläge in den USA vom 11. September 2001. Zusammenfassung. Köln 2002. www.bund.net/fileadmin/bundnet/pdfs/atomkraft/20021127_ atomkraft_grs_gutachten_zusammenfassung. pdf

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (Ed.): 3. Ergänzung der Kurzinformation zu einem Ereignis im schwedischen Kernkraftwerk Forsmark, Block 1, am 26.07.2006: “Nichtstarten von zwei Notstromdieseln beim Ausfall der Netzbindung”. Köln 2006.

Heinrich-Böll-Stiftung (Ed.): Mythos Atomkraft – Ein Wegweiser. Berlin 2006.

Kaplan, Stan: Power Plants: Characteristics and Costs, CRS Report for Congress, RL34746. Washington DC 2008.

Massachusetts Institute of Technology (MIT): The Future of Nuclear Power: An Interdisciplinary MIT Study. Cambridge 2003.

Meyer-Abich, Klaus Michael/Schefold, Bertram: Die Grenzen der Atomwirtschaft. München 1986.

Mez, Lutz/Schneider, Mycle/Thomas, Steve (Hrsg.): International Perspective on Energy Policy and the Role of Nuclear Power. Multi Science Publishing. Brentwood 2009.

Miller, Peter: Our Electric Future – A Comeback for Nuclear Power. In: National Geographic, August 1991.

Möller, Detlev: Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland. Frankfurt a.M. 2009.

National Commission on Terrorist Attacks Upon the United States (Ed.): The 9/11 Commission Report. Official Government Edition. www.9-11commission.gov/

Prognos AG (Ed.): Renaissance der Kernenergie? Analyse der Bedingungen für den weltweiten Ausbau der Kern energie gemäß den Plänen der Nuklearindustrie und den verschiedenen Szenarien der Nuklearenergieagentur der OECD. Berlin/Basel 2009.

Radkau, Joachim: Tschernobyl in Deutschland? In: Der Spiegel 20/1986.

Sachverständigenrat für Umweltfragen (Ed.): Weichenstellungen für eine nachhaltige Stromversorgung. Thesenapier. Berlin 2009.

Schneider, Mycle: Der EPR aus französischer Sicht. Memo im Auftrag des BMU. Berlin 2004.

Solar-Institut Jülich/FH Aachen (Ed.): Zwischenbericht: Struktur und Dynamik einer Stromversorgung mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energieerzeuger. Energiestudie. Berlin 2009.

Squassoni, Sharon: The US Nuclear Industry: Current Status and Propects under the Obama Administration. Nuclear Energy Future Paper, November 2009. Waterloo (Canada) 2009.

Traube, Klaus: Plutonium-Wirtschaft? Hamburg 1984.

UK Department for Business, Innovation and Skills (Ed.): UK Renewable Energy Strategy Consultation 2008. Log Number 00407e, Organisation: E.ON. www.google.com/search?q=%22 Renewable+Energy+Strategy+Consultation%22+E.on+00407 e &sourceid=ie7&rls=com. microsoft: en-US&ie=utf8&oe=utf8

WWF Deutschland: Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050; erstellt von Prognos AG/ Öko-Institut/Dr. Hans-Joachim Ziesing. Berlin 2009.

Ziehm, Cornelia: Ohne Endlager keine Laufzeitverlängerung – zur Rechts- und Verfassungswidrigkeit einer Laufzeitverlängerung. Berlin 2010.

戈尔德• 罗森克朗茨（Gerd Rosenkranz），材料学博士和冶金工程师，硕士期间研读传播学，并在德国各大日报和周报从业二十余年；他在德国《明镜周刊》做了五年编辑，专长是环境和能源政策。2004 年10 月起就职于德国环境援助（Deutsche Umwelthilfe e.V.），任政策与公关部长。

摄影作品介绍

封面： **列宁广场。**普里皮亚季的普里希亚酒店窗外的景色，普里皮亚季是切尔诺贝利附近城市，被称为“鬼城”。

第8 页图片： **泳池旁的钟**。普里皮亚季公共泳池旁的钟表。

第15 页图片：**碰碰车。**摄于普里皮亚季的游乐场。

第21 页图片：**切尔诺贝利石棺细节07。**切尔 诺贝利事故4 号反应堆四周的水泥 “石棺”细节图。

第25 页图片：**民兵营前的汽车。**普里皮亚季民兵营前的汽车残骸。

第28 页图片：**学校的温室06.** 普里皮亚季一所学校的温室。

第34 页图片：**核反应堆与切尔诺贝利纪念碑02。**切尔诺贝利纪念碑，背景为事故4 号反应堆的冷却塔。

第39 页图片：**摩天轮05。**摄于普里皮亚季的游乐场。

摄影师简介：

蒂姆·聚思（Timm Suess）是一位关注城市衰败的摄影师。他的作品表现了人类城市结构同自然的衰败过程之间的漫长斗争，以及时间的无形伟力。他的照片记录了被遗忘的城市的死亡时间，它们说明，人类生活的缺失将会彻底地改变一个地方。他四处探访废弃的工厂、诊所、旅店和无人的城镇，在瑞士、法国、德国、意大利、西班牙、美国本土和夏威夷等地拍摄照片。

2009 年，蒂姆·聚思来到乌克兰切尔诺贝利事故的无人区。本书中的照片选自他的《切尔诺贝利日记》，这部内容广泛的游记收录了450 幅摄影、视频和音频作品。

蒂姆· 聚思的个人主页：http：// timmsuess.com/decay

围绕核能的纷争存在一种所谓的“去意识形态化”趋势，许多发达工业国家的核能倡导者显然对此津津乐道。鉴于当前的气候变化和日益严峻的能源短缺问题，针对核能的争论已经变得“更加温和及理性”。对于这种缓和，支持核电发展的人表现得尤其兴奋，除非恰好赶上选举，他们才会有所收敛。

近几十年来，政治– 社会讨论的焦点已经从基本的核安全问题转移到了经济、保护气候和资源、和保障能源供给等问题。在公众眼里，核能俨然成为一种普通的技术，权衡是否使用核能，就像选择火力发电还是天然气发电一样平常。

因此，核裂变日渐融入了政治能源辩论，按照经济学家的定义，这一辩论包含促进经济活力、保障能源供给和环境影响等三个主要问题。核能技术并未把防范灾难作为目标，但是核能支持者对此毫无顾虑，相反，他们对核能极为满意。

核能的支持者现在越来越善于以雄辩来掩盖核能技术可能引发灾难的特性。他们的长篇大论无非是为了把公众的注意力从基本的安全问题上转移开来。本书提供了一些缺失已久的知识，以帮助读者能批判地展开对核能的讨论，寻找核能的替代方案，并揭露核能的真相：这是一种不负责任的、昂贵而又高风险的技术。

HEINRICH BÖLL STIFTUNG
海因里希·伯尔基金会

北京市东城区工体北路新中西街8号亚洲大酒店写字楼309室
电话：+86-10-66154615　　传真：+86-10-66154615 转 102
电子邮件：info@boell-china.org　　网址：www.boell-china.org