

# 能源与安全

能源与环境研究所出版·美国华盛顿·一九九九年第四期

## 风与铀：比较

阿琼·麦克贾尼

本文基于马克·菲奥兰凡特所写的 1999 年能源与环境研究所报告：《风能与铀》<sup>1</sup>

理论上，风或铀可以给人类提供长期能量来源。铀明显地对扩散和环境污染负有责任，能源与环境研究所的许多出版物都对此提出了论证。<sup>2</sup>因此，长期经济学似乎是对铀有利的因素。为了详细研究这一因素，能源与环境研究所准备了一份将铀与风作为能量来源进行比较的研究报告，其中包括了对日本的案例研究。我们选择日本是因为其陆地风能潜力相对较低而人口密度较高。如果我们不考虑意外事件的后果，风能的用地要求要比铀大得多。因此，如果两者进行经济对比而表明风能占优的话，我们就能更容易地将这一结论一般化到许多其它国家和地区。

能源与环境研究所在进行比较中运用



位于 Tuno Knob 的锋利叶轮机，这是丹麦建造的第二个海岸风场。Tuno Knob 于 1995 年投入使用，该处原为海军靶场，(绿色和平国际组织)

了海岸风能技术 (offshore wind power technology)，这是因为在海岸边安装叶轮机事关风能利用提出的许多环境问题。这一选择可以适用于陆地面积严重受限的国家和地区，例如日本。自 1991

在本期内	
电离辐射生态影响 (BEIR VII) 的信	8
可持续技术减少：燃料电池	12
亲爱的阿琼：LNTN 是什么？它能使我更好吗？	19

年开始，海岸风力电站已经在丹麦，德国和瑞典成功地运行。

在过去的半个多世纪里，全世界有大量资源被用来将钷发展成为一种能量来源，而在其同时，发展风能的努力却远为微弱。仅增殖反应堆一项已耗费了几百万美元。这些增殖反应堆将自然界中储量相对丰富但作为反应堆燃料并非有用的非裂变的铀-238，通过反应堆的运行以导致裂变材料供应净增加的效率，转变为钷-239。此外，又有几百万美元被花在再处理上，这种技术被用来将钷从辐照后的反应堆燃料中分离和还原出来。然而，钷在任何地方都尚未接近商业化。即便是世界上最大的钷(MOX)燃料使用者——法国电力公司(Electricite de France)和英国再处理公司(英国核燃料有限公司)——也称它们的钷储存为“零价值”(a zero value)。

在任何国家中都不存在具有商业可行性的钷增殖反应堆项目。世界上运行中两座最大的增殖反应堆在前苏联，它们使用铀，而不是钷，作为燃料。由于技术问题和对费用及扩散的顾虑，包括美国在内的许多国家已经停止了增殖反应堆项目。

增殖反应堆失败的一个引人注目的例子是日本“文殊”增殖反应堆 1995 年 12 月发生事故。由于大量液态钠泄漏和发生火警，这一反应堆被关闭。“文殊”反应堆首次招来批评是在 1994 年 4 月。另一个案例与“超级凤凰”(the

## 《能源与安全》

《能源与安全》是一份报导核不扩散、裁军和能源可持续性的时事通讯刊物，由能源与环境研究所(IEER)一年发行 4 次。

IEER 地址: 6935 Laurel Avenue, Takoma Park, MD 20912, USA  
电话: (301)270-5500  
传真: (301)270-3029  
电子函件: ieer@ieer.org  
万维网地址: <http://www.ieer.org>

能源与环境研究所就广泛的问题向公众和决策者提供有见地的、明确的和稳妥的科学和技术研究报告。该研究所旨在向公共政策事务提出科学的意见，以促进科学的民主化和更健康的环境。

### 能源与环境研究所成员:

所长: 阿琼·麦克贾尼  
图书馆员: 洛伊丝·查墨斯  
簿记员: 戴安娜·科恩  
项目科学家: 安妮·麦克贾尼  
对外协调员: 丽莎·莱德维奇  
全球对外协调员: 米歇尔·博伊德  
行政助理: 贝特西·瑟洛-希尔兹  
项目科学家: 希斯汉姆·泽里夫

### 感谢我们的支持者

我们衷心感谢我们的资助者，是他们的慷慨资助使我们能够为从事有关核武器问题的基层组织提供技术援助，并开展我们自己的全球对外项目。我们的资助者是 W. Alton Jones Foundation, John D. And Catherine T. MacArthur Foundation, Public Welfare Foundation, C. S. Fund, Rockefeller Financial Service, John Merck Fund, Ploughshares Fund, Unitarian Universalist Veatch Program at Shelter Rock, Town Creek Foundation, Beldon II Fund, Turner Foundation, CarEth Foundation, Janelia Foundation 和 Stewart R. Mott Charitable Trust.

制作: Cutting Edge Graphics

主管编辑: 丽莎·莱德维奇

本期英文版于 1999 年 11 月出版。

Superphénix)有关，它一度是世界上最大的快增殖反应堆。1997年6月19日，“超级凤凰”的运行者宣布，这一座落于法国的设施将被永久关闭。“超级凤凰”在1986-1997年间运行了相当于全功率工作的278天。到1996年为止(宣布关闭以前)，“超级凤凰”项目的总成本估计在600亿法郎(1994年法郎)，或约91亿美元。<sup>3</sup>据估计，仅“超级凤凰”的退役和后运行费用就达95亿法郎(约14亿美元)。这笔钱足够用来支付约825兆瓦海岸风力生产的资本成本。再者，鉴于这两种能量来源的历史，如果花在“超级凤凰”上的钱是投在风能

上，到目前为止的电力生产总额已超过该反应堆产出的十倍或更多。

海岸风能资源的发展提供了这种可能，即避免陆基风力最严重的影响：为放置风力涡轮机而使用大片土地。尽管海岸(风力)设施建设需要额外成本，但这些代价至少部分被更常见的大风、较高的风速，以及无需土地采购成本所抵销。龙卷风越少导致风力涡轮机的磨损就越少，因此风力涡轮机的使用寿命就越长。通过安置海岸风力涡轮机，可以减少或消除可见的影响。然而，安置海岸风力涡轮机并未摆脱可能的负面影响。这些包括对航道和海洋生态系统的影响。对这些影响的评价必须作为示范项目的有机组成部分。

海岸风场的电力成本随着时间的推移而下降，从第一个项目的每千瓦-小时8.8-9.9美分发展到瑞典1997年Bockstigen项目的每千瓦-小

时5.5美分。海岸风力涡轮机运转得很好，在二十世纪九十年代，其成本已实质性地下降。它们也被证明是可靠的。

相比之下，增殖反应堆的成本并未随时间的增加或经验的积累而下降，尽管最早从核反应堆中产生的电

能 量 度 量 衡
瓦特(WATT): 用来测量能量生产或消费的公制单位。1马力等于746瓦特。
兆瓦(MW): 大型电厂常用的电力产量单位，等于1百万瓦特。
焦耳: 能量的公制单位，等于1瓦特动力工作1秒。
千瓦-小时(kWh): 能量单位，等于3.6百万焦耳。这是1千瓦能源工作1小时所产生的能量数。

成本组成	海岸风力 (美分/千瓦-小时)	混合氧化燃料 (MOX)-轻水反应堆 (美分/千瓦-小时)	增殖反应堆 (美分/千瓦-小时)
资本成本	4.2	3.8	7.6
燃料成本 (不包括再处理)	不适用	0.9	0.9
再处理成本	不适用	0.7	1.0
运行和维护成本	1.2	1.5	1.5
MOX乏燃料的 核废料处置成本	不适用	0.2	0.2
退役成本	0.14	0.1	0.1
总额	5.54	7.2	11.3

力是来自一座增殖反应堆(1951年,爱达荷国家工程实验室的试验增殖反应堆 I)。上页的表格显示的是风能电力成本与轻水反应堆以及增殖反应堆中使用钚燃料的比较。达成这些计算的具体假设可以在能源与环境研究所的报告中找到,其网址是: <http://www.ieer.org/reports/wind/index.html>。

风能的一个弱点是它具有间歇性。在将较低产量利用——即相当于全功率运行的小时数较少——作为上述算出成本的一个因素考虑的同时,如果没有储存设施或其他资源(诸如太阳能和生物量燃料)的补充供应,风能不应被用作唯一或主要的能量来源。而且,如果没有追加投资,风能不能在交通运输中使用,但这对钚同样适用。

假定为了考虑这种观点,即能源自足是国家能源政策的良好目标,那么这一目标的最关键方面就是为运输提供足够的燃料。这是因为石油对于价格波动和供应不稳定最为敏感,而同时又很难在短期和中期内找到替代品。但是,无论用风还是用钚代替石油都需要对运输系统进行重大调整,因为以上两种能源来源中没有一个在机动车能源自足方面具有与生俱来的优势。

在机动车运输中使用电力有两

如果你有:	你希望:	乘以
英国热单位	焦耳	1055
焦耳/秒	瓦特	1
瓦特	英国热单位/小时	3.413
功率	能量	时间

### 风能新资料:日本

1999年2月,当能源与环境研究所出版其“风与钚”报告近1个月时,日本政府宣布启动一项海基电力生产研究,其中包括对海岸风力的研究。日本国际通商和产业部以及运输部正考虑发展利用风力和潮汐产生能量的海岸风力涡轮机和其它设施。这些部门计划展开研究,为这些海基电力生产设施寻找几个地址。他们希望建设工作于2002年左右开始。选址的标准包括风力的强弱、捕鱼权以及景观的改变等。日本计划在2010财政年度将其风力发电量从1996财年的14,000千瓦提高到300,000千瓦。

资料来源: Jiji Press Ticker Service, 1999年2月6日

种方法——不管这种电力来自风、钚或其它什么能源来源。电力一定被用来发动电力运输器,或被转换成氢而在燃料电池发动的运输器中使用(见第12页)。

结果,在车辆运输中钚或风能的使用也需要通过转换为电力汽车或者通过使用燃料电池进行重大改变。在考虑效率、降低城市空气污染和/或降低温室气体排放等原因的任何情况下,可能有希望出现这些变化。目前,使用氢作为燃料的燃料电池看上去可能是达成机动车运输的最有效和污染最少的方法(见第14页表格)。因此,我们在以燃料电池发动的公路运输器中对使用风和钚作为能量来源的成本进行比较。

根据风力产生1千瓦-小时电力需要5美分这一成本(见前页表格),用于一辆燃料电池机车的取自风资源的氢每千兆焦耳需要33美元,相当于汽油动力机车使用1加仑汽油需要

1.66 美元。来自增殖反应堆的氢的相应成本几乎 2 倍于此(1 千兆焦耳 60 美元)，可能会更高。

我们对与风能和增殖反应堆技术有关的长期问题的评估显示，即使考虑能源储存的额外成本以弥补风资源的间歇性性质，风能也比增殖反应堆有吸引力。

### 建议

作为一种能量来源，钚在很久以前赞成使用可更新能源的讨论中就应该抛弃了。杜鲁门总统任命的佩利委员会(The Paley Commission)甚至在商业核电时代开始之前的 1952 年就得出结论，可更新能源比核能更有前途。从每一方面来说，钚燃料和增殖反应堆都是核电梦想破灭的最大部分。既然风能，特别是海岸风能，经济而且可行，继续对钚能源技术进行公共投资就缺乏有说服力的理由。这种投资应该立即停止。

对于与商业化有关的以及出于环境和/或能源安全理由希望得到的能源技术，公共资金应该以以下方式投入，即鼓励私人资本在研究和开发领域展现拳脚和进行投资以降低成本。在短期和中期内建立相当数量的风力发电，以作为降低温室气体排放和达成其它环境和不扩散目标的方法，很值得争取。问题是，纳税人的资金应该如何投资，才能使达成这些合乎人们心意的目标所花的代价最小。

回顾政府鼓励风力发电政策的

以往记录可以看到，公共机构每年购买和/或通过公开招标而使用预先设定的电量可以达到设想的目的——促成向环境良好而没有扩散风险的能源未来转变。政府要事先划定包括海岸地区在内的地域范围，而私人企业则投标以特定价格在 15-20 年间提供电力。这将鼓励私人研究、开发以及以其表现为基础的竞争性投标，它们有助于有效地使用公共资源，并系统地降低成本。

对于美国，我们提议政府至少在 2010 年前每年购买 1,000 兆瓦风能电力，而在 2010 年应该完成主要的评估。选址应基于多项标准，诸如：风资源的性质，地区能源需求，对陆地的影响最小，以及对生态系统的影响等。招标时应该要求在特定时间段内的运行有保证。

这有点象美国出租石油勘探中进行招标的办法，其区别在于在风力这种情况下资源的大略规模已知。因此，合同将是实际上输送风能发出的电力(而不是石油租借目标中的勘探)。

美国能源部已经宣布了美国到 2010 年目标是有 10,000 兆瓦风能在运行中。达到这一目标的主要途径有：减税和联邦制定计划，在 2010 年之前购买足够供应联邦政府电力需求之 5% 的风能。在 2010 年前大大提高风力发电这一目标看上去很好的同时，所选方法降低的成本也许不能达到能源与环境研究所建议的方法所做的那么多(能源与环境

研究所有关风力的报告供讨论)。

---

<sup>1</sup> “风能对铀: 对日本风能潜力的测试及海岸风能(Offshore Wind Energy)与铀的比较”(能源与环境研究所, 1999年1月)可以通过以下网址查看:  
<http://www.ieer.org/ieer/reports/wind/index.html>。除非另有说明, 所有参考

---

可以在该文中找到。本文部分基于阿琼·麦克贾尼为马克·菲奥兰凡有关风能的文章所写的前言, 马克·菲奥兰凡有关风能的文章是能源与环境研究所1999年的报告(见主文, 第一页)。

<sup>2</sup> 有关铀的出版物, 请查阅能源与环境研究所网页: <http://www.ieer.org>。

<sup>3</sup> 其它货币的经济资料根据购买力平价交换率转换为美元。

编者的话

## 终止铀燃料计划

阿琼·麦克贾尼

半个多世纪以来, 核设施一直允诺用铀向世界提供能源。过去, 铀被认为有足够的供应量, 可持续使用到无限的未来, 在50年代甚至被认为“便宜得无法衡量”。但是, 在几百亿美元花在研究和开发上而无所回报之后, 使用铀的计划必须被视为失败了。

铀现在被广泛地视为不经济的燃料。它现在不是铀的竞争对手, 而在可见的将来也很不可能有竞争力。铀燃料的主要技术——增殖反应堆——将非核反应堆燃料铀-238转化为反应堆燃料铀-239。然而, 增殖反应堆的记录惨不忍睹, 在将投入其中的资源考虑在内后就更是如此。90年代中期增殖反应堆产电量为2,600兆瓦, 其中几乎一半来自法国的反应堆“超级凤凰”, 而这座反应堆自那以后已经关闭(见第1页上有关风力发电的主文)。

而且, 用来将铀从辐照后反应堆燃料中分离出来的被称为“再处理”的过程, 在许多方面是核燃料循环中最肮脏的部分。它对海洋、河流和土壤中大面积的污染负有责任。它导致了高放射性的液体废

料, 而这些废料必须贮存在储存罐里。由这些储存罐引起的问题中蕴藏着灾难性爆炸的危险, 就象1957年苏联军用高级废料储存罐中出现的情况。座落在拉阿格的法国再处理厂在1980年4月如果发生电力彻底中断, 也可能导致相似的灾难, 但所幸的是(法国人)在离厂不远的地方找到了一台空置的发电机, 那场灾难得以避免。

尽管经历了几十年努力, 但如果需要证明(铀)计划的不成熟性, 最近在东海村电厂为日本示范(experimental)增殖反应堆处理中度浓缩铀时发生的事故可以提供另一个生动的诠释。日本的法规体系无法做到确保有适当的辐射测量措施、疏散撤离计划或者员工培训项目。确保以铀和铀-238混合为燃料的商用反应堆的安全是一附加负担, 显然, 它对此也没有准备。(目前使用的燃料未经处理, 含有铀-235和铀-238)。那种反应堆发生严重事故, 其放射性尘埃危害的不仅是当地居民, 而且是东亚的许多地区。

使用铀燃料还将武器用铀置于商业经济的循环中, 这增加了扩散的危险。目前, 在许多地方储有大量的铀。例如, 有30公吨分离出来的商用铀放置在俄罗斯

马亚克综合设施中约 12,000 个钢制箱子里未加使用，这使人们担心其中一些(钚)会出现在黑市上。仅取出 2 个这种钢箱里的钚就够造一颗核弹了。现在，俄罗斯经济严重衰败，恐怖主义深入血脉，是时候迅速将钚转化成非武器用形式(见《能源与安全》总第 3 期，以及《科学为民主行动》第 5 卷第 4 期)，并朝更安全的能源未来努力了。

一方面，在一些国家里核机构有足够的权势确保继续拨款给钚作为能源来源，尽管钚能源的历史记录糟糕、前景暗淡；而在另一方面，其它能量来源取而代之的关键根植于这些国家的经济。我们对风力发电的研究表明，技术改进已经使风能比钚更为经济，其前景是，在未来的几年风能相对的经济优势将继续增加。

其它能源技术，尤其是作为固定电力源和车用电力源的燃料电池的迅速发展，已经增加了此种前景，即如果努力、谨慎地追求，经济和环境这两个目标可以同时达到。如果它们被置于现存高效率的技术背景下，有迹象表明，满足合理水平的能源需求、减少温室气体排放、降低城市空气污染，以及消除进一步的扩散和其它与当前全球能源体系有关的安全顾虑，是有可能的。以上提到的现存高效率技术包括：电热共生(cogeneration)或联合循环(combined cycle)天然气为动力的发电厂(见《科学为民主的行动》第 6 卷第 3 期，1998 年 3 月)，或汽油-电力混合汽车(见第 16 页图文框)等。好的能源政策有助于达到相对适中地减少关键技术的成本。这是我们能过度到更合乎希望的未来自所缺少的关键部分。

1952 年，杜鲁门总统任命的佩利委员会得出结论，对于满足能源需求和防止由外国石油供应中断所引起的经济混乱来说，可再生能源比核能提供更大的保证。但是此后不久，很大程度上作为冷战宣传运动的一部分，美国政府选择，忽视对追

求核能有利的建议。

处于这样的时代会很好，那时将钚作为“魔力”能源的冷战之梦应该已被有利于改变能源转化和使用的可再生能源和技术所抛弃。应该以冷战头几十年中发展核能源同样的决心来追求这些技术。这回，是在与时间赛跑。诸如严重气候事故日益上升的发生率等许多迹象表明，人类尚未进入状况去赢得制止全球变暖的战斗。

迫在眉睫的事情是，强有力的政府放弃可以进行政治分肥的钚项目，它们用这些项目已经供养核机构好多年了。拥有丰富矿物燃料和/或核能项目的国家需要坚定地承诺，公共资源将被用于购买风力发电，燃料电池发动的车辆及固定燃料电池资源，太阳能和公共建筑的电热联供。寻求这些技术最好的机制性动力是政府运用拨款政策，这在鼓励竞争、使成本随时间的累积而下降的同时将为这些技术提供稳定的市场。

美国政府需要起到比它已经做的更大的领导作用，因为美国尤其是二氧化碳最大的释放者，核能最大的生产者，而且在世界上最具外交和金融影响。然而，美国政府至今不能达到它在 1992 年全球环境首脑会议上做的有关降低二氧化碳释放量的承诺，履行其在《京都议定书》中义务的事情也没有走上正轨(《京都议定书》是降低二氧化碳释放量的全球条约——见《科学为民主的行动》第 6 卷第 3 期——这一条约仍在等待美国参议院的批准)。考虑到这些技术带来的光明前途，以及那些失败导致加紧弥补的需要，有理由要求每年对包括有效能源转换用燃料电池在内的可再生能源技术投资 50-100 亿美元。这一投资中的相当部分将直接以能源成本降低的形式收回。

由全球 17 个国家的 75 个团体和个人签名的这封信，是呈交给国家科学院电离辐射生物影响委员会于 1999 年 9 月 3 日在华盛顿特区召开的会议的。这次会议标志着一个三年计划的开始，该计划由 Beir VII 委员会执行，旨在评估低度电离辐射对人体健康的影响。该委员会的工作由美国能源部、环保署和核规章委员会发起，将会对全球辐射防护标准产生影响。

这封信仍在公开征求签名，并将带着更多的签名再次被送交计划于 99 年 12 月中旬召开的 Beir VII 委员会下次会议。若有意签名，请通过 email ([ieer@ieer.org](mailto:ieer@ieer.org)) 或传真 (1-301-270-3029) 与能源与环境研究所联系，写清您的名字，所属组织(仅为识别身份目的)，所在城市和国家。

ieer

1999 年 9 月 3 日  
Richard R. Monson M.D., Chair  
c/o Rick Jostes, Staff Office  
Committee on the Health Risks from Exposure  
To Low Levels of Ionizing Radiation (BEIR VII)  
National Academy of Sciences  
2101 Constitution Avenue, NW  
Washington, D.C. 20418

亲爱的孟森博士：

我们此次写信，与您的委员会以从电离辐射生物影响第 VII 次审议的形式开始评估低度辐射影响的工作有关。

我们很高兴 BEIR VII 委员会已着手“考察低度电离辐射对人身影响有关的大量公开材料”。我们期望，作为这一工作的一部分，该委员会在鉴别生物影响和风险因素的过程中能够考察相互矛盾的证据和论断。我们希望在这一重要过程中密切关注委员会的考虑并参与其中。

在为就此事展开的科学争论定基调和条件上以及在制定辐射标准的过程中，BEIR 委员会过去的工作一直是有影响的。因此，我们相信全面考察与电离辐射对健康的影响有关的信息和事件至关重要。BEIR V 报告中仅考察了癌症、遗传损害的某些方面以及由于在子宫内遭辐射引起的智力迟钝。

BEIR VII 论及目前尚未作出结论性评估的所有危险十分重要。这应包括自 BEIR V 报告以来所显露出的危险，以及本应在 BEIR V 报告中论述却未论述的问题。我们整理了一些我们认为你们应该论述的最为重要的问题，这些问题如下：

- **穿过胎盘的放射性核素的影响。**这应包括考虑对正在发育的胎儿本身的影响(例如：流产、怪胎以及其他发育影响而不是智力迟钝)和在胎儿发育关键阶段对相关器官的影响。这一研究针对发育中胎儿的健康影响，应特别包括对特定器官发育的影响以及对诸如甲状腺之类器官产生损害的间接影响。我们特别担心诸如碘-131、碳-14 和氚之类的放射性核素，它们可以成为胎儿的一部分，从而深深影响胎儿的健康。例如，氚，作为氢的一种形态，可以同氧结合成水。氚化水的化学性质与普通水相似。这样的水饮用后，其中一部分就进入了身体细胞，包括遗传物质内。这



种带放射性的水也将进入胎盘。我们需要考证由此导致流产、生育缺陷和其他健康问题的潜在可能性。BEIR VII 委员会在评估低度辐射危险时应该包括此类放射性核素及其影响。如果目前在认知上存在重大分歧，这些分歧应明确区分，其意义亦应阐明。

- **辐射对女性胎儿的影响。**鉴于卵细胞是在女性的胚胎发育阶段一次性形成的，委员会应评估辐射对女性胎儿生殖系统的影响，以及对遭受此类辐射的女童的可能影响。
- **器官内放射性核素的影响。**象氚或碳-14 这样的放射性核素可以成为 DNA 的一部分。随着放射性衰退，它们质变为其它元素(氚变成氦-3，碳-14 变成氮-14)。这类质变反过来影响 DNA。此类反应对健康的潜在影响需要评估。
- **复合影响。**有时，遭辐射侵害同暴露于其他危险物质同时发生。委员会应该考察由接触放射性物质和非放射性物质而共同对健康造成的影响。应当特别注意的是那些影响内分泌系统的物质以及这种破坏是否会增加因遭到辐射而产生的癌症和其他疾病的危险。相反，受到辐射会损伤内分泌系统，从而使其更容易受到外界其他致病因素的侵袭。此类危险取决于受到辐射时的年龄(和是否是在子宫内遭受辐射)，这类危险发生变化的可能性也应予以考虑。
- **数据的完整性和质量。**美国能源部及其前身原子能委员会有关工人遭受辐射量的记录存在着很大的缺陷。与此相类似，环境污染记录也存在较大的不足。我们了解美国的这些情况，是由于通过诉讼案件、信息自由法案的要求等其大多数原始数据记录已公诸于众。使用美国官方公布的工人受到辐射量的估计数字而不评估原始数据至少极不可信。既然其他国家的原始数据在很大程度上仍属秘密，那么接受其表面的数据就更没有理由了。例如，有证据表明前苏联的有关健康的数据就是令人质疑的，委员会应检验这类及相关数据完整性的基本问题，并阐明记录是否适合于评估低度辐射危险，如果适用，应如何使用。委员会还应该阐明对其检验的研究报告中包含的信息适用何种数据质量标准。因此，我们相信，不评估官方的放射量和健康数据的正确性，就接受同行检验的研究结果是不够的。最后，在阐述所有流行病学研究结果，包括对原子弹幸存者的研究结果时，应该考虑对辐射程度、健康后果和与健康有关的选择因素分类错误所产生的影响。
- **不同人群的影响。**在制定辐射防护标准时，人们常常用到“标准人”或“平均”概念。鉴于在不同的人群中辐射对健康的实际影响存在着较大的差异，委员会应该对使用这类概念所产生的危险评估的差错作出评价。例如，受辐射的年龄与对健康的影响之间的关系应予以阐明，这不仅仅包括儿童，也应包括不同的年龄组。又如，某些人对低度辐射的敏感度与另外一些人的敏感度存在着潜在的差异，这种差异亦应阐明。

在上述许多领域里，可能是仅仅没有足够的知识来得出可靠的科学结论。

对这种情况，委员会应明确坦诚地说明实情并提出研究日程。如果可能，还应伴之对潜在健康影响的机制进行实质性讨论。对我们至关重要，凡是不能可靠计量危险的领域都应鉴别清楚。如果危险的类型能够确定，应该阐明这些危险。如果定性分析的危险不能评估，那么结论也应十分具体。

以上我们没有讨论与癌症有关的问题，因为我们认为委员会将会阐述所有与致癌影响有关的问题。如果委员会经常出版并更新其正在查阅的出版物名册，以便我们在觉得必要或合适时能够掌握并增加该出版物的名册，这将大有裨益。

我们渴望能为 Beir Uzzm 研究提供科学的推动力，并期望委员会能如同对待其成员提出的同类问题一样，认真地阐述我们提出的问题。

我们对给予公开发表评论的机会表示赞赏，并且要求这种机会能够完全包括我们想要提出的问题和证据。如果你们有何问题或需要更多的信息，一定让我们知道。请把你们的问题或反应告诉丽莎·莱德维奇或阿琼·麦克贾尼。非常感谢！

诚挚的

丽莎·莱德维奇：对外协调员，[ieer@ieer.org](mailto:ieer@ieer.org)  
阿琼·麦克贾尼：博士、主席，[arjun@ieer.org](mailto:arjun@ieer.org)

**其它签名者：**

David E. Adelman, Natural Resources Defense Council, Washington D.C., USA	Women's International League for Peace and Freedom, Tucson, Arizona, USA	Gordon Edwards, Ph.D., President, Canadian Coalition for Nuclear Responsibility, Montreal, Quebec, Canada
Glenn Alcalay, Co-Chair, National Committee for Radiation Victims, New York, New York, USA	Philippe Brousse, Secrétariat du Réseau "Sortir du nucléaire," Lyon, France	Nader Entessar, Professor of Political Science & International Studies, Spring Hill College*, Mobile, Alabama, USA
Jennifer Aldrich, Executive Director, Physicians for Social Responsibility/Oregon, Portland, Oregon, USA	Elizabeth Brown, East Bay Peace Action, Albany, California, USA	Cathey E. Falvo, M.D., M.P.H., Program Director, International & Public Health Graduate School of Health Sciences, New York Medical College*, Valhalla, New York, New York, USA
Dave Andrews, Vice Chair, Campaign for Nuclear Disarmament, Wales, UK	Kateri Caron, Spokane, Washington, USA	Ansar Fayyazuddin, Assistant Professor of Physics, Stockholm University, Stockholm, Sweden
Didier Anger, le CRILAN, France	Vina Colley, Portsmouth/Piketown Residents for Environmental Safety and Security, McDermott, Ohio, USA	Martin Forwook and Janine Allis-Smith, CORE (Cumbrians Opposed to a Radioactive Environment), Barrow-in-Furness, Cumbria, UK
Paulette Anger, le CRILAN, France	Professor David Close, Department of Physics, East Tennessee State University, USA	Michel Fremont, le CRILAN, France
Caron Balkany, Concerned Citizens for Nuclear Safety*, Santa Fe, New Mexico, USA	Mary Byrd Davis, Uranium Enrichment Project of Earth Island Institute, Georgetown, Kentucky, USA	Surendra Gadekar, ANUMUKTI, Vedchhi, India
Dan Becker, Director, Global Warming and Energy Programs, Sierra Club, Washington, D.C. USA	Cyndy deBruler, Executive Director, Columbia River United, Hood River, Oregon, USA	Sanghamitra Gadekar, ANUMUKTI, Vedchhi, India
Rosalie Bertell, Ph.D., GNSH, President, International Institute of Concern for Public Health, Toronto, Ontario, Canada	Greg deBruler, White Salmon, Washington, USA	
Patricia T. Birnie, Chair, GE Stockholders' Alliance, and Chair, Environment Committee,	Anushka Drescher, Ph.D., Berkeley, California, USA	

Ann Harris, Director, We The People, Inc. of Tennessee, and Executive Director, Alliance for Public Health & Safety, Ten Mile, Tennessee, USA

Ruth M. Heifetz, M.D., M.P.H., Senior Lecturer, Department of Family and Preventive Medicine, School of Medicine, University of California-San Diego\*, San Diego, California, USA

Ira Helfand, M.D., Co-Founder and Past president, Physicians for Social Responsibility, USA

Felicity Hill, Director, UN Office for Women's International League for Peace and Freedom, New York, USA

Laura Hunter, Environmental Health Coalition, San Diego, California, USA

Joe Jaffe, retired physicist, San Diego, California, USA

Carol Jahnkow, Executive Director, Peace Resource Center of San Diego, San Diego, California, USA

Chuck Johnson, Director, Center for Energy Research, Salem, Oregon, USA

Judith Johnsrud, Director, Environmental Coalition on Nuclear Power, State College, Pennsylvania, USA

Deb Katz, Citizens Awareness Network, Shelbourne Falls, Massachusetts, USA

Robin Klein, President, Hanford Action of Oregon, Portland, Oregon, USA

Prof. Dr. Wolfgang Koehnlein, President, German Society for Radiation Protection, and Institut fuer Strahlenbiologie, Westfaelische Wihelms-Universitaet, Muenster, Germany

Cathy Lemar, Military Toxics Project, Lewiston, Maine, USA

Bernard Lindberg, Chairperson, Mankato Area Environmentalists, Mankato, Minnesota, USA

John Loretz, Executive Editor, Medicine and Global Survival\*, Cambridge, Massachusetts, USA

Michael J. Manetas, Department of Environmental Resources Engineering, Humboldt State University, Arcata, California, USA

USA

Robert A. McFarlane, M.D., Clinical Professor Emeritus of Surgery, Oregon Health Sciences University, Portland, Oregon, USA

Janot Mendler, Director for Operations, GEF/UNDP International Waters: LEARN\*, Boston, Massachusetts, USA

Robin Mills, Director, Maryland Safe Energy Coalition, Baltimore, Maryland, USA

Giorgio Nebbia, professor Emeritus, Faculty of Economics, University of Bari\*, Italy

Dale D. Nesbitt, Staff scientist, Lawrence Berkeley National Lab, Retired, California, USA

Andi Nidecker, Associate Professor, University of Basel, and Executive Council, Swiss Chapter of Physicians for Social Responsibility and International Physicians for the Prevention of Nuclear War, Switzerland

Baku Nishio and Hideyuki Ban, Co-directors, Citizens' Nuclear Information Center, Tokyo, Japan

Rudi H. Nussbaum, Ph.D., Professor Emeritus, Portland State University, for Northwest Radiation Health Alliance, Portland, Oregon, USA

Sonya Ostron, Metro New York Peace Action Council, Brooklyn Heights peace Action, Eastside Peace Action, Flatbush Peace Action, Greenwich Village Coalition for Peaceful Priorities, NOBSAC (North Bronx Social Action Committee), Shorefront Peace Committee, SNAP (Stop Nuclear Arms Proliferation), and Westside Peace Action, New York, USA

David Ozonoff, M.D., M.P.H., Professor and Chair, Department of Environmental Health, Boston University School of Public Health, Boston, Massachusetts, USA

Perline, Ph.D., engineer and physicist, Paris, France

Carolyn Raffensperger, Science and Environmental Health Network, Wwindsor, North Dakota, USA

Bruce Reznik, Executive Director, San Diego Baykeeper, San Diego, California, USA

Norman Rubin, Director of Nuclear Research and Senior Policy Analyst, Energy Probe, Toronto, Ontario, Canada

Gladys Schmitz, Vice-chairperson, Mankato Area Environmentalists, Mankato, Minnesota, USA

Betty Schroeder, Co-Chair, Arizona Safe Energy Coalition, Tucson, Arizona, USA

Monique Sené, GSIEN, Orsay, France

Victor W. Sidel, M.D., Professor of Social Medicine, Albert Einstein College of Medicine, Bronx, New York, USA

Pamela Sihvola, Co-chair, Committee to Minimize Toxic Waste, California, USA

Norma Sullivan, retired college English professor, San Diego, California, USA

Dr. Jinzaburo Takagi, Citizens' Nuclear Information Center, Tokyo, Japan

Tim Takaro, M.D., Chair, Hanford Task Force, Washington Physicians for Social Responsibility, Seattle, Washington, USA

Alyn Ware, Consultant at Large, Lawyers' Committee on Nuclear Policy, New York, New York, USA

Harvey Wasserman, Citizens Protecting Ohio, Bexley, Ohio, USA

Carroll Webber, Ph.D., Greenville, North Carolina, USA

David Crockett Williams, Coordinator, Global Peace Walk Project, and Initiator, Global Emergency Alert Response, Tehachapi, California, USA

Steve Wing, Department of Epidemiology, School of Public Health, University of North Carolina\*, Chapel Hill, USA

Alexei Yablokov, Center for Russian Environmental Policy and Program for Radioactive and Nuclear Safety by International Socio-Ecological Union, Moscow, Russia

Alla Yaroshinskaya, Yaroshinskaya Ecological Charity Fund, Moscow, Russia

*\*提供单位仅为证明身份*

## 可持续技术简介：燃料电池

美国宇航局(NASA)用它推动航天器，奥哈马第一国家银行的计算机从它那里取得能量，芝加哥的某些公共汽车也使用它。

它就是燃料电池。燃料电池是一种电化装置，可以不用燃料就能产生电能。它通过化学作用发电，与电池的方式大体相似。但燃料电池使用的化学成分是元素氢和氧，其化学反应的产物是水。诸如天然气之类的填充

物也使用，当然碳氢燃料会释放一定的二氧化碳。

燃料电池由于使用起来高效且清洁，而被当作环境效益良好的能源而寄予厚望，它可以帮助减轻温室气体的释放和降低污染。

### 历史

威廉·格罗夫斯于 1839 年首次

燃	料	电	池	类	型
<p><b>磷酸型。</b>这是最商用化的一种类型。它应用的范围很广：医院、小型私人诊所、宾馆、办公楼、学校、公用电厂和机场都可使用。磷酸燃料电池发电效率超过 40% 以上。如果其产生的水蒸气也用于热电联供的话，其效率可达 85%，而最高效的内燃机的效率也不过 30%。其工作温度在 400 度以内。这种类型的燃料电池也可以用于大型车辆，如汽车和火车。</p> <p><b>质子交换膜型。</b>这种类型燃料电池的工作温度较低(约华氏 200 度)，电流密度较高，可以迅速改变输出功率以适应电力需要的变化，适合需要快速启动的设施，如汽车。美国能源部称：“这种类型的燃料电池是轻型车辆和建筑物的首选目标，而且还可能适用更小的设施，如取代摄录机的充电电池。”</p> <p><b>熔融碳酸盐型。</b>熔融碳酸盐型燃料电池在燃料转化为电方面具有很高的效率，并能使用碳基燃料。其工作温度约为华氏 1,200 度。</p> <p><b>固体氧化物型。</b>是另一种前景颇佳的燃料电池，可以用于大型设施，包括工业化和大规模的中心电厂。有些开发人员也将其用于机动车。欧洲已作好准备进行一个 100 千瓦的试验，日本也准备作 2 个 25 千瓦的试验。通常，一个固体氧化物系统都使用一种坚硬的陶瓷材料，而不用液体的电解质，其工作温度可达华氏 1,800 度。发电效率为 60%。有一种类型的固体氧化物型燃料电池要有大量一米多长的管子，其它的则包括一个压缩圆盘，看上去象汤罐的盖子。</p> <p><b>含碱型。</b>美国宇航局长期以来一直用于宇宙探险的燃料电池。这种类型的燃料电池的发电效率可达 70%，是用碱性的氢氧化钾作为电解质的。直到目前为止，由于其成本太高，不适合商用，但一些公司正在寻找降低成本并提高灵活性的途径。</p> <p><b>其它类型。</b>直接使用甲醇的燃料电池是燃料电池家族中的新成员。其与质子交换膜型的燃料电池的相同之处在于都是用一种聚合膜作电解质。但其正极的催化剂自己从液体甲醇中吸引氢，这就不需要燃料重整器了。这种燃料电池的效率预计约 40%，工作温度在华氏 120-190 度之间。如果温度更高则效率高；循环使用燃料电池也是燃料电池家族中的新成员，其循环发电的形式很具有吸引力。先是用一种太阳能的电解质把水分解成氢和氧，氢和氧再进入燃料电池发电并产生热量和水。由此产生的水可以在太阳能电解质中循环使用。目前，美国宇航局和世界其他国家都在研制这种类型的燃料电池。</p> <p>获燃料电池 2000 网址：<a href="http://216.51.18.233/fotypes.html">http://216.51.18.233/fotypes.html</a> 的批准重印。</p>					

论证了燃料电池。格罗夫斯向人演示电解过程——用电流把水分解成氢和氧——可以反其道而行之，即可以用化学方法使氢和氧重新结合起来发电。

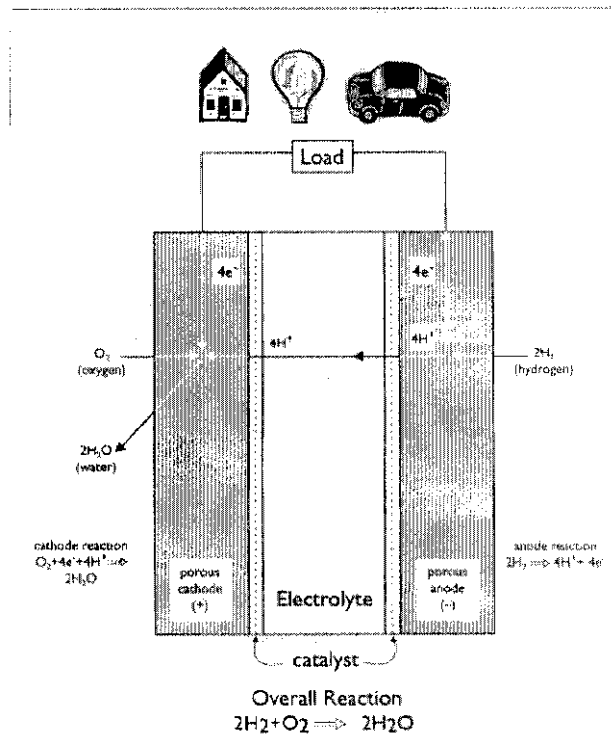
燃料电池首次演示后，一些科学家和工程师在这方面的研究上付诸了不少努力，但 19 世纪后半叶内燃机的发明和石油提炼基础设施的发展使燃料电池的发展大大滞后，燃料电池的成本则进一步限制了它的发展。

燃料电池的发展在 50 年代发生了飞跃，当时美国宇航局转用燃料电池来满足寻找一种大功率发电机为宇航任务提供动力的需要。作为这种投资的结果，阿波罗和 Gemini 太空探险任务使用了燃料电池来提供动力，如今，航天飞机也是由燃料电池提供动力的。

燃料电池目前仍主要处于试验阶段，但有少数公司进行了商业性销售。'仅在过去 10 年左右商用燃料电池技术才取得重大进展，详见第 17 页。

#### 燃料电池如何工作

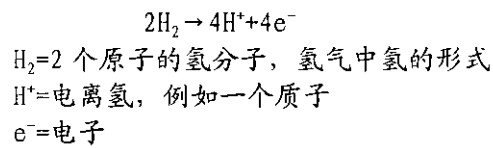
燃料电池与电池相比，其共同点在于直接通过化学反应发电。与此不同，内燃机燃烧燃料并由此产生热能，然后热能再转化为动能。除非废气中的热量能够得到某种方式的利用（例如，取暖或用作空调），否则内燃机是十分低效的。例如，目前还处在发展中的车辆使用的燃料电池的效率预计比小汽车目前使用的典型的汽油发动机的效率高 2 倍多。



尽管电池和燃料电池都是通过电化方式发电的，但其功能迥异。电池是储能装置：其发的电是由其内装物质化学反应产生的，燃料电池则不储存能源，而是由外添的燃料发电。从这一点而言，燃料电池更象一座常规电站。

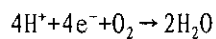
燃料电池有不同的类型（详见第 12 页）。最简单的燃料电池由一种被称为电解质的特殊膜状物构成。膜状物相对的两面布有粉状的电极。这种结构——由两个电极环绕着电解质——构成了一个单独的燃料电池。氢被加放在一面（正极），氧被加放在另一面上（负极）。在每一极上，发生着不同的化学反应。（参见本页图表）。

在正极，氢分解为质子和电子。在某些燃料电池里，电极周围放有催化剂。催化剂通常由铂或其它贵金属制成，用于促进分解，

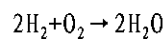


燃料电池的关键是使电解质能够让质子但不让电子通过它流向负极。电子则由外部的途径通向负极。电子的这种运动就产生了电流，可以用来驱动燃料电池外的装置，例如电动机或灯泡。

在燃料电池的负极面，质子(从电解质通过的)和电子(从外部通过的)重新结合，并与供应的氧发生反应，形成水。



燃料电池的整个反应为：



燃料电池是用氢燃料和空气中的氧来工作的。氢可以直接供应，也可以从外部供给的诸如天然气、汽油或甲醇之类的燃料中提取。如果供应的不是氢本身，就需要进行化学转换，以提取氢。此过程称为“重整”。<sup>2</sup>氢还可以用氨和某些替代能源，如垃圾和废水处理厂得到的气体制造出来，也可以通过电解水即用电分解氢和氧元素<sup>3</sup>的办法取得。目前绝大多数车辆燃料电池技术都使用甲醇。

人们已发现了各种方法，把燃料重整为氢，以供燃料电池之用。美国能源部开发了一种燃料加工器，它被安装在车辆内用来把汽油重整为氢，供车上的燃料电池使用。<sup>4</sup>美国太平洋西北国家实验室的研究人员展示过

**氢燃料电池车辆和电池驱动车辆同常规车辆的排放物数量对比**  
2000年标准污染物和温室气体相对于基线的估计百分比变化<sup>a</sup>

车辆	标准污染物 <sup>b</sup>					温室气体
	非甲烷有机气体 <sup>c</sup>	一氧化碳(CO)	氧化氮(NOx)	氧化硫(SOx)	颗粒物(PM)	
基线：汽油内燃机(克/公里)	0.48	3.81	0.28	0.035	0.01	282.5
电池动力车辆	-95	-99	-56	+321	+153	-37
燃料电池车辆(由天然气提供浓缩氢)	-100	-100	-100	-100	-100	-65
燃料电池车辆(由太阳能提供浓缩氢)	-100	-100	-100	-100	-100	-94
燃料电池或电池动力车辆(直接从太阳能取得氢)	-100	-100	-100	-100	-100	-100

资料来源：马萨诸塞州坎布里奇市关心世界事物的科学家联盟 1995年2月《Briefing Paper》中的“氢燃料电池车辆”一文。

- a. 这些数字是由车辆直接排放的气体加上燃料生产、储存和配给间接排放的气体。
- b. 标准污染物由“清洁空气法”规定：包括碳氢化合物、一氧化碳、氧化氮、氧化硫和颗粒物。这些污染物对健康的影响包括头痛、心理紧张和呼吸系统损伤。
- c. 包括除甲烷以外的所有碳氢化合物。



Ballard 电力系统公司已首先将其燃料电池技术应用于交通领域的公共汽车上。该公司的也是世界上的第一辆燃料电池驱动的公共汽车已于 1993 年 6 月投入使用，这辆 32 座的公共汽车配备有一个以氢作燃料的 125 马力（90 千瓦）的 Ballard 燃料电池。

一种机体紧凑的燃料重整器，只有目前该类器具体积的十分之一大小。西北电力系统和桑迪亚国家实验室也展示一种燃料重整器，是将柴油重整出氢供燃料电池使用。<sup>5</sup>

单个燃料电池可产生约 0.7 到 1.0 伏电。为了获得更高的电压，就要把燃料电池“堆积”起来，即把燃料电池串联起来。要想获得更强的电流，应把燃料电池并联起来。连接起来的多个燃料电池配以一个燃料加工器、空气供应、冷却系统和控制机关，就构成了一个燃料电池发动机。该发电机可以为车辆、固定电厂或便携式

发电机提供动力。<sup>6</sup>燃料电池发动机的体积大小视其用途、燃料电池类型和使用的燃料情况而定。例如，奥哈马海岸上的四座 200 千瓦固定电厂使用的每个燃料电池发动机体积相当于一辆卡车拖车的大小。<sup>7</sup>

## 应用

燃料电池既可用于为固定也可用于移动装置提供动力。为了适应美国日益严格的废气排放标准，包括克莱斯勒、丰田、福特、通用汽车、大众、本田和尼桑在内的汽车制造商正在试验和研究燃料电池驱动的车辆。首辆商用燃料电池驱动小汽车预计于 2004 年至 2005 年投入使用。<sup>8</sup>

1993 年 6 月奠定了燃料电池技术的一个重要里程碑：Ballard 电力系统公司展示了其以一个 90 千瓦氢燃料电池发动机驱动的 32 座公共汽车（详见左上图）。自那以后，人们开发并运营了许多种类、好几代的燃料电池大客车，使用了各种各样的燃料。从 1996 年下半年起，三辆氢燃

因特网上有关燃料电池的资源	
美国甲醇研究所	<a href="http://www.methanol.org">http://www.methanol.org</a>
Ballard 电力系统	<a href="http://www.ballard.com">http://www.ballard.com</a>
加利福尼亚燃料电池合作者	<a href="http://www.drivingthefuture.org">http://www.drivingthefuture.org</a>
美国配电联盟	<a href="http://www.dpc.org/">http://www.dpc.org/</a>
美国能源部能源效率和可再生能源网	<a href="http://www.eren.doe.gov/re/hydrogen/">http://www.eren.doe.gov/re/hydrogen/</a>
欧洲燃料电池论坛	<a href="http://www.efcf.com/">http://www.efcf.com/</a>
燃料电池 2000	<a href="http://www.fuelcell.org">http://www.fuelcell.org</a>
氢和燃料电池信函	<a href="http://www.hfcletter.com">http://www.hfcletter.com</a>
ONSI 公司	<a href="http://www.onsicorp.com">http://www.onsicorp.com</a>
美国国防部燃料电池研制计划	<a href="http://www.dodfuelcell.com">http://www.dodfuelcell.com</a>
美国能源部燃料电池计划	<a href="http://www.oai.doe.gov/oai/fuelcell.html">http://www.oai.doe.gov/oai/fuelcell.html</a>
世界燃料电池委员会	<a href="http://members.aol.com/fuelcells/1.htm">http://members.aol.com/fuelcells/1.htm</a>



## 电 动 车 辆 、 混 合 动 力 车 辆 和 燃 料 电 池

绝大多数电动车辆用电池驱动电力马达为动力来源。电池电动车辆的最大优点是其尾气管不排放废气。但是，它的确以其他方式释放废气，如在电厂充电时，在生产电池时，其释放的气体都含有有毒物质。电池还很沉重，每过几年就必须更换，并且需要数小时充电。电池电动车辆目前已获改进，但仍不能广泛引起人们的兴趣。

混合电动车辆具有两种能源来源，例如有电池驱动电力马达和常规内燃发动机。计算机系统根据驾驶条件完善地控制着来自常规内燃发动机和来自电力马达的电量。混合动力车辆的效率要大大高于常规汽油发动机车辆。

美国主要汽车制造商目前都在开发生产可行的混合电动车辆。有些厂家正在合作开发一种车型，它用燃料电池产生能量来推动汽车的电力驱动马达。

资料来源：见1999年10月1日 Humboldt 州立大学 Scharz 能源研究中心网址：<http://www.humboldt.edu/~serc/fag.html>；《请看信息》，见1999年10月1日 <http://www.infoplease.com/ipa/A0004678.html>；《经常问及的问题：超级小汽车》，落矶山研究所，<http://www.rmi.org/fag/hyperq.html>，1999年10月1日，《混合动力小汽车》，丰田公司，<http://www.toyota.com>，1999年10月1日。

料电池高尔夫车已在加利福尼亚 Palm 沙漠中使用。芝加哥、伊利诺斯、温哥华、英国的哥伦比亚和挪威的奥斯陆等城市都在进行燃料电池驱动的公共汽车的户外试验，伦敦也在街道上试验了碱性燃料电池驱动的出租车。<sup>9</sup>

固定使用燃料电池的技术正处于论证中，尚未广泛投入商用。位于内布拉斯加的奥哈马第一国家银行使用了一种燃料电池系统来驱动计算机，这是因为该系统较该银行原来使用的靠电池支持的动力系统更可靠。<sup>10</sup>世界上最大的商用燃料电池系统(1.2兆瓦)不久将安装于阿拉斯加的一个邮件处理中心。<sup>11</sup>用燃料电池驱动的便携式计算机、废料处理厂以及售货机也正处于实验和论证中。<sup>12</sup>

### 利与弊

燃料电池有几个优点。尽管目前使用的内燃机只有 12%-15%的效率，但燃料电池的效率却达到大约 50%。

<sup>13</sup>在只使用其一定比例的容量时，燃料电池仍然可以保持这样的高效率，比汽油发动机具有显著的优点。

燃料电池的属性意味着一座燃料电池发电厂的发电容量可以仅凭增添更多燃料电池而增加。这使得未用的发电能力最小化，使供需更趋于平衡。由于一套燃料电池的效率取决于单个燃料电池的表现，所以小规模燃料电池发电厂同大规模发电厂一样有效率。此外，固定燃料电池系统散发的废热可以用于空气和水的加热，这进一步提高了能源的使用效率。

燃料电池实际上不释放废物。当用纯氢作燃料时，仅产生热和纯水蒸气。实际上，航天飞机上的宇航员的饮用水就是航天飞机上安装的燃料电池产生的水。<sup>14</sup>其它释放物质是否产生取决于供应的氢的来源。使用甲醇时不产生氮氧化物和一氧化碳，只释放少量碳氢化合物。使用氢、甲醇以及汽油产生的释放物的量呈递增趋势，但使用汽油也可以只产生较少的



## 燃 料 电 池 的 最 新 进 展

- 位于加拿大不列颠哥伦比亚的 Ballard 动力系统公司已经开发了燃料电池装配车间，生产 25 千瓦、工作温度在摄氏 85 度的燃料电池（三个可以驱动一辆轿车）。Ballard 公司与主要汽车生产商的投资和研究合同金额达 10 亿美元。该公司还与新泽西一家电气公司的子公司合作，开发供商用化的固定燃料电池使用的共同发电配件。
- 加利福尼亚燃料电池合伙公司——由多家汽车制造商、石油公司、一家燃料电池公司和加利福尼亚州合作组成——计划于 2000-2003 年间让 50 辆燃料电池载客小汽车和公共汽车投入使用。该合伙公司还计划在加利福尼亚建立两座氢燃料站。
- 美国政府拥有并运营着 30 个燃料电池热电联供设施，燃料电池使用居世界之最。在每年投资燃料电池研究和开发超过 1 亿美元的 5 个部级政府部门中，美国能源部投资额最多，达 8 亿美元。加拿大、日本和德国政府都在利用税收减免、低利率和优惠措施来促进燃料电池的发展。
- 戴姆勒·克莱斯勒公司（前戴姆勒-奔驰公司）自 1993 年开始已经在公路上实验一种被称为新电气小汽车的燃料电池车辆。通过使用各种不同的燃料，该公司已开发了几代这种车辆。最新的一种是以该公司 A 级小汽车为基础的氢燃料电池载货车辆。
- 芝加哥、温哥华和奥斯陆等城市正在试制以燃料电池为动力的越野公共汽车。伦敦目前正在试验适用于街区的以含碱燃料电池驱动的出租车。
- 美国航天飞机使用含碱的燃料电池发生大约 45 千瓦的电。这种特别的燃料电池十分昂贵。
- 东芝公司开发过一种由 10 千瓦燃料电池驱动的售货机，它以液化石油气为燃料。
- 伊利诺斯州西北大学的研究者开发了一种实验燃料电池，直接以天然气为燃料。
- 日本 Kogakuin 大学的科学家已经开发了一种液体燃料电池，据报道是由金属和氢组成，可以不用燃料重整器向燃料电池提供氧气。
- 燃料电池能源公司（前能源研究公司）和 Bath Iron Works 公司为海军合作开发燃料电池电厂。

资料来源：燃料电池 2000 网址，<http://www.fuelcells.org>, 1999 年 9 月 15 日；加利福尼亚燃料电池网址，<http://www.drivingthefuture.org>, 1999 年 9 月 15 日；1999 年 3 月 17 日燃料电池 2000 新闻发布；《最新燃料电池技术》，燃料电池 2000，1999 年 9 月，<http://www.fuelcells.org>；《普及燃料电池》，载 1999 年 7 月 30 日《科学》Vol. 285, No. 5427, 第 684 页。

释放物。<sup>15</sup>无论如何，用燃料电池取代目前的常规内燃发动机将绝对会减少二氧化碳和氮氧化合物。（详见第 14 页，排放物表）。

燃料电池为能源基础设施提供了更大的灵活性，为分散发电（多样化的分散的能源来源，这可以减少传输损耗）和远边市场（特别是对尚未接通电线的边远或农村地有好处）创造了机会。燃料电池使单个居民或街区可以生产他们自己的大部分电力，这大大提高了能源效率。

燃料电池提供了更可靠和更高质

量的电力。燃料电池持久耐用，没有移动部件，并且能够稳定地提供能源。

但是，燃料电池技术仍需进一步发展，以提高其工作能力、降低成本并由此使其同其它能源技术相比更具有竞争性。应该指出的是，在计算能源技术成本时，应该对各种技术进行全面比较，包括对资本运作成本、污染物的释放、发电质量、持久性和灵活性进行比较。

尽管氢气是最好的燃料，但生产氢气的基础设施尚未建立起来。现存

的矿物燃料传输体系(气站等)短期内可能被用于从汽油、甲醇或天然气中生产氢。这就不需要建立特殊氢燃料站,但需要车辆上装有“重整器”,以便将矿物燃料转化为氢。这种方法的缺点是需要使用矿物燃料并因此释放出二氧化碳。甲醇是目前效果最好的燃料,比汽油的释放物要少,但需要在车辆上装有更大的容器,因为它占用的空间要大2倍。<sup>16</sup>

与矿物燃料传输系统不同,太阳能和风能电力系统(即用电力从水中制造氢和氧)同直接的光电转化系统(即使用半导体材料或酶来生产氢)能够在不需要重整步骤的情况下,提供氢来源,这样就不会产生象甲醇或汽油燃料电池那样的释放物。需要时,氢气就可以在燃料电池内存储并重新转化为电力。从长远看,燃料电池与这样的可再生能源相结合对于提供一种有效的、环境效益好并且通用的能源来源,可谓是一种有效的战略。

能源与环境研究所建议,地方、州和联邦政府应将其车辆采购预算的一部分用于购买燃料电池驱动车辆和固定燃料电池系统,用于向其新建的或现有的建筑物提供电力和供热。这将鼓励关键技术的发展并降低温室气体的排放。

---

<sup>1</sup> Humboldt 州立大学 Schatz 能源研究中心网址: <http://www.humboldt.edu/~serc/faq.html>, 1999年10月1日查阅。

<sup>2</sup> 最近,在伊利诺斯州芝加哥附近西北大学的一个研究组开发了一种直接由天然气驱动的实验用燃料电池。(来源:《燃料电池技术更新》,燃料电池2000,1999年9月,

---

<http://www.fuelcells.org>).

<sup>3</sup> Ballard 电力系统网址:

<http://www.ballard.com/faq.asp>, 1999年9月17日查阅。

<sup>4</sup> 《车辆燃料电池的综合燃料加工器》,美国能源部太平洋西北国家实验室,1999年4月1日,

<http://www.pnl.gov/microcats/fullmenu/compfuelproc.html>, 1999年10月13日查阅。

<sup>5</sup> 《燃料电池技术更新》,燃料电池2000,1999年9月, <http://www.fuelcells.org>。

<sup>6</sup> Ballard 电力系统网址:

<http://www.ballard.com/faq.asp>, 1999年9月17日查阅。

<sup>7</sup> 马修·L.沃尔德:“将要指望的能源”,《纽约时报》,1999年8月17日,第C1、C7版。

<sup>8</sup> Ballard 电力系统网址:

<http://www.ballard.com/faq.asp>, 1999年9月17日查阅。

<sup>9</sup> 燃料电池2000网址:

<http://www.fuelcells.org>, 1999年9月15日查阅。

<sup>10</sup> 沃尔德,1999年。

<sup>11</sup> 《燃料电池技术更新》,1999年9月。

<sup>12</sup> 沃尔德,1999年;《燃料电池技术更新》,1999年9月。

<sup>13</sup> Schatz 能源研究中心网址,1999年10月1日查阅。

<sup>14</sup> Joe Schwarcz:“氢,第一元素:What a blast!”《华盛顿邮报》,1999年9月8日,第H1、H6页。

<sup>15</sup> 加利福尼亚燃料电池伙伴网址:

<http://www.drivingthefuture.org>, 1999年9月15日查阅;罗伯特·F.谢韦斯:“将燃料电池置于现实之地”,《科学》第285卷第5427期,1999年6月30日,第684页。

<sup>16</sup> 谢韦斯,1999年,第684页。



## Dear Arjun

亲爱的阿琼先生，

LNTH 是什麼？它能使我更好些吗？

布法罗的巴菲尔德

亲爱的巴菲尔德，

在古代，LNTH 是“富足的希腊特洛伊地区”首字母的缩写，这是希腊语对希腊的称呼。特洛伊著名的海伦曾居住在那里，但她跑到了巴黎，自此特洛伊就变了样。

有了核能后，LNTH 是“一次无极限假说”的缩写。该假说是在制定规章时用于评估低度辐射致癌的危险的。低度辐射被定义为不会产生诸如皮疹、呕吐和白血球数量增高之类的短期可见影响的辐射。当短期内遭受大剂量辐射时，上述可见的(或身体上的)影响就产生了。虽然人体在接受较少的辐射时白血球数量就会发生变化，但当接受 100 雷姆或更多的辐射时，绝大多数上述的身体反应就随之发生了。但当人体在数个星期或数月的时间内接受与上述同样多的辐射时，人体除了细胞外不会立即产生反应。然而，这能增加致病的危险(有可能影响)，其中人们对致癌的影响进行的研究最多。<sup>1</sup>

人们一直集中对广岛和长崎原子弹爆炸的幸存者进行研究，以估测致

癌的危險。这是一次巨大的努力，在过去的 50 年里对 75,000 人进行了研究，目前研究仍在进行。在制定规章的活动中使用的致癌风险评估很大程度上都是以对这些幸存者的研究为基础的。但是，由于这些受害者接受了相当大剂量的辐射，并且是在很短的时间内接受的，所以据此推测长时间内接受少剂量辐射的危险是矛盾和困难的。而且，某些研究者，其中比较有名的是英国科学家艾丽丝·斯图尔特和她的同事，指出，长期的幸存者很可能是当初身体更健康的人，这使人们从幸存者身上推测辐射对普通人的致癌影响复杂化了。

有些人群受到了其他类型的辐射。首先，每个人都受到来自自然界的辐射。人们还受到不同程度的室内氡的辐射，这取决于房屋构造和房屋的所在地区。难题是每个人还受到许多其它致病的危险因素的影响，包括自然和人造环境的危险、饮食和遗传因素的影响。既然有相当大比重的癌症是由于这些其他因素引起的，所以要把遭受诸如核爆炸或工厂产生的辐射之类的低度人造辐射所带来的危险清楚地区分出来非常困难。

在本文的讨论中，我们把癌症危险(R)定义为一定量辐射(D)预计造成的癌症发生率。鉴于癌症的发生

剂量率  
有效系数

主要是从动物实验中取得的某些证据表明，以低剂量率释放出的低量辐射所产生的危险要小于一下子释放同样辐射量所产生的危险。这种以低剂量率释放的辐射的低危险，用低剂量率有效系数（DREF）表示。用 DREF 除未经调整的危险，就可以得到低剂量率下单位剂量辐射的修正风险。在立法中一般的做法是假定低剂量率的危险要比未修正的危险低 2 个系数。因此，美国环保署将 DREF 为 2 运用到 BBIR V 未经修正的每人-西韦特患致命癌症的癌症风险系数 0.08 上，得到每人-西韦特剂量修正后患致命癌症的风险系数为 0.04。后一系数是目前美国辐射防护法规中使用的风险系数。（1 西韦特=100 雷姆）

率约高于恶性肿瘤发生率 50%，本文中各种假说不指明危险具体程度，仅用曲线形容危险与辐射量的关系<sup>2</sup>。在决定危险时还要考虑其他因素，例如遭受辐射的人的年龄和性别。患不同类型癌症的危险也是不同的。特别指出的是，致白血病的因素从致其他肿瘤如肺癌和乳腺癌的因素中分出来单独计算。

LNT 假说是一种推测从高度辐射到低度辐射所带来的危险的方法，它虽未得到完全接受，但已被广泛接受。该假说指出，如果辐射量增加，无论其多么小，都会相应地增加致癌危险。因此，如果一个人受到 1 雷姆的辐射时就有致癌的某种危险，那么如果接受 2 雷姆辐射，他的致癌危险就增加了一倍，如果接受 0.5 雷姆时，危险就只有一半了。进而言之，如果 10 个人一起接受了 1 雷姆的辐

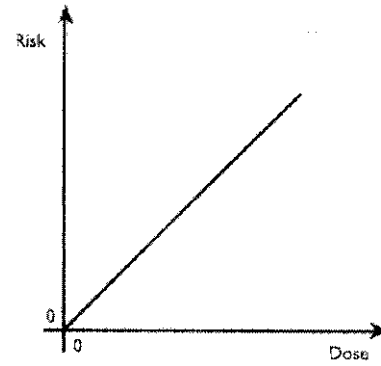


Figure 1: Linear No-Threshold hypothesis

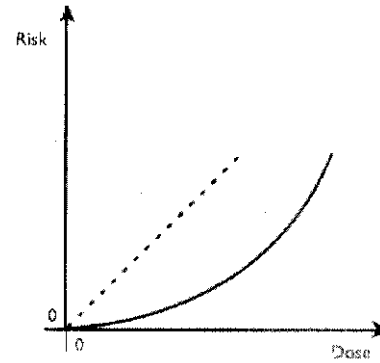


Figure 2: Quadratic Dose response

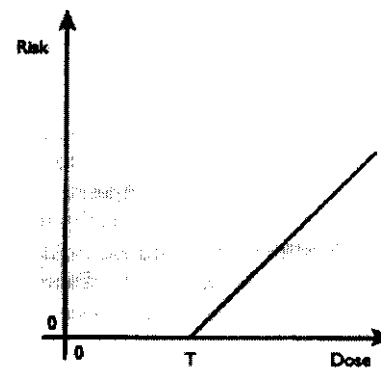


Figure 3: Threshold hypothesis

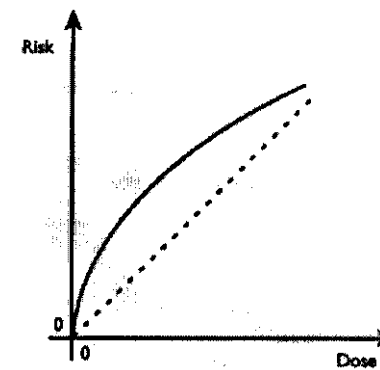


Figure 4: Supralinear hypothesis

射，那么他们致癌危险的总合与一个人接受 1 雷姆辐射时的危险一样。

“人-雷姆”用来表示一个人群集体遭受的辐射量。通过估计集体辐射量，人们就可以得到一个恒定的风险系数，用来估计由该辐射造成的额外的癌症数量。在美国的立法实践中，一般认为一个人群的恶性肿瘤的发生率相当于每受到 2,500 人-雷姆的辐射所造成的恶性肿瘤。图 1 表示的是 LNT 假说。

其他假说也有辐射量反应曲线的说明。最通常替代 LNT 假说的是“线性-二次平方”假说。根据这一假说，危险项与辐射量成正比（线性项）并与辐射量的平方成比例（二次项）。图 2 显示危险与辐射量的关系。

还有一些人认为一定有一个极限，在它之下致癌危险并不增加。他们争辩称，某些有毒物质显示了这种极限并且辐射也有。这些极限可能来自于人体修复低度辐射造成的损伤的能力。图 3 表示极限假说，在辐射量超过作为极限的 T 雷姆后，致癌危险与辐射量成正比。然而，有人已经指出，既然人已经接受了自然界的辐射以及其它的自然和人为辐射，这些辐射都增加了人体修复系统的负担，那么，一次无极限假说就可以适用于由

人类活动带来的辐射，因为这些辐射是另加的辐射。因此，为了评估人类活动带来的危险，LNT 假说仍然是有效的，并且是保护公众健康的良好依据。

最近的实验也有一些证据表明，每个单位的低度辐射都可以带来较高的健康危险。<sup>3</sup>这就是“超一次方”假说，由图 4 表示。

最后，还有一个“hormesis”假说，该假说认为，少量的辐射可以对健康产生有益的作用，例如刺激人的免疫系统。这一假说的主要证据来自对老鼠的实验。根据查尔斯·沃尔顿编辑的一份支持该理论的事实汇编，如果事先接受 1-20 雷姆范围内的辐射，那么在某些情况下接受大剂量辐射时人体发生的变化就较少。但是，这种保护作用在接受更少或更多的辐射时不会出现，并且只持续大约一天，一天之后便消失了。这种保护作用即使存在于人体，对公众健康也没有意义，特别是当人们发现几雷姆的辐射造成其他长期危险的证据时，就更是如此。<sup>4</sup>

对辐射危险的绝大多数工作集中在对癌症的研究上。但辐射还造成了一些其他的潜在风险（见第 8 页上的信件）。至少对某些人和在某些情况下，致其它病症的危险有可能要比致癌危险更严重。

许多支持极限假说和“hormesis”假说的人还一直要求放

转换	
1 雷姆=0.01 西韦尔	
人-西韦尔=(人口数) × (剂量(西韦尔)-每人)	

宽目前的辐射保护法规。<sup>5</sup>这是极不合时宜的，原因如下：首先，低度辐射对健康的影响具有极大的不确定性。在这种情况下，法规更加严格对公众健康是有好处的。其次，几十年来辐射危险一直呈上升趋势，尽管这种趋势不一定会一直持续下去，但有足够的理由不能放松标准或抛弃 LNT 假说。第三，有证据表明不同的人对辐射的反应差别很大。应该制定一定的标准以保护最易受影响的人群。第四，即使有极限，人们也应该记住法规是针对额外的辐射的。LNT 假说仍将适用于评估额外的癌症危险即由增量辐射带来的危险。第五，辐射还带来许多非致癌影响和复合影响，这些影响还没有得到较好的研究，有些根本就没有得到研究。最后，某些潜在受影响的人群是最易被辐射影响的人群（见第 8 页的信件）。以 LNT 假说为依据的严格的法规只为防护非致癌危险和保护最易受侵害人群提供了一点帮助，直到这些影响得到仔细研究为止。

因此，有充分理由继续使用 LNT 假说为立法服务。当我们提出的问题都被适当地解决时，讨论修改标准的时机才成熟。

转换辐射”（高 LET 辐射）。每个单位的该种辐射所产生的影响要比伽马射线和贝他射线（低 LET 辐射）厉害得多。高 LET 辐射和低 LET 辐射这两种不同类型的辐射的影响加在一起，提出了一个科学难题，本文未对此进行论述。

<sup>2</sup> 有关致癌危险的各种假说用数学方法表示如下：

LNT:  $R=K \times D$ , R 表示致癌风险, K 是常数, D 是用雷姆表示的辐射量;  
有极限辐射量 T 的一次危险: 当  $D < T$  时,  $R=0$ , 当  $D > T$  时,  $R=K \times (D-T)$ ;  
线性-二次方模型 (无极限):  
 $R=K_1D+K_2D^2$ ,  $K_1$  和  $K_2$  分别表示一次方危险和二次方危险的系数;  
超一次方假说 (无极限):  $R=K \times DN$ ,  
其中  $0 < N < 1$ 。

曲线的形状有这些等式决定。不同辐射量的危险值取决于参数 K、T 和 N。有关 LNT 和线性-二次模型的其它详情参见电离辐射生态影响委员会：“受到低度电离辐射对健康的影响”（BEIR V），国家研究理事会，华盛顿特区，1990 年，第四章。

<sup>3</sup> Brenner, D. “在最近的 BEIR VI 报告中放射生态学起了有用的影响吗？”，《放射研究》中的摘要，第 161 卷，1999 年 1 月，第 95-95 页。

<sup>4</sup> Waldren, C. “适当的反应，染色体不稳定性及其连带效果”，1999 年 9 月 3 日在华盛顿特区国家科学院 BEIR VII 委员会会议上的讲话。

<sup>5</sup> Jaworowski, A. “辐射风险与伦理”，《今日物理学》，第 52 卷，第 9 期，1999 年 9 月，第 24-29 页。Jaworowski 建议，在“辐射防护权威机构被允许介入以前”（第 29 页），10 倍地提高允许的辐射剂量（从 100 毫雷姆到 1 雷姆）。

<sup>1</sup> a 粒子产生的低度辐射被成为“高一次能



### 伽玛计算辐射量和危险

秃头博士的小狗伽马刚学了一些计算由辐射产生的致癌危险的公式，由于它的爪子太大，无法操作计算器，它需要你帮助它进行某些计算。伽马决定用一次无极限假说进行所有的计算。

#### 人群辐射量

人群辐射量是指一个人群中所有的人受到辐射量的总和。人群辐射量有时称作“集体”辐射量，以“人-雷姆”或“人-西韦特”计量。

- 1) 在一个 10 万人口的大城镇中，每人受到了 1 雷姆的辐射，该人群辐射量是多少？
- 2) 在一个 100 万人口的喧闹城市中，每人受到 1 雷姆的辐射，其集体辐射量是多少？
- 3) a. 一个 1 万人口的城镇受到集体辐射量是 10 万人/雷姆，每人受到辐射量是多少？  
b. 该城镇的某些人接受的辐射量是否可能比别人多或少？

#### 辐射量的致癌危险

读者切记“人-西韦特”表示的是多个人受到的辐射，如果 100 人受到了 0.05 西韦特的辐射，该人群辐射量就是 5 人-西韦特。

- 4) 当一下子受到辐射时，BEIR V 采用每人-西韦特产生 0.08 的恶性肿瘤危险。
  - a. 0.08 用什么术语表示？
  - b. 在一个人群中产生一例恶性肿瘤需要多少西韦特？
  - c. 如果人口是 10 万，由于人造辐射产生的致命肿瘤数量估计为 20，人均量是多少？
  - d. 如果人口为 10 万，每人接受 0.1 西韦特，导致恶性肿瘤的数量估计是多少？（公众接受非医疗辐射的年限量为 0.001 西韦特）
- 5) 假设 DREF(参见第 20 页)为 2，修正后的癌症风险是每人-西韦特 0.08 患致命肿瘤，修正后的风险是多少？

### 上期填字游戏答案

横向:				纵向:			
1.bitumen	11.granite	16.plutonium	2.Italy	6.ANDRA	10.vitrification	16.phosgene	
3.tanks	12.OSHA	17.TWA	4.shale	7.NIOSH	13.strontium		
8.injection	15.VVER	18.Vienne	5.CTBT	9.NATO	14.HEU		

1. LNTH

- a. 亚瑟王举办的奥林匹克运动会上投掷标枪比赛的第一个字母的缩写。
- b. 恼怒的夫妻之间有时相互的称呼，是卑鄙的、无用的、不忠的麻脸的缩写。
- c. 一种名为“不让人头部转动”的仪器的名称缩写，该仪器用于暂时固定头部受伤者的脖颈。
- d. 一次无极限假说的缩写，该假说已被广泛接受，用于解释辐射与致癌风险之间的关系。该假说认为危险与辐射量成正比，只要辐射量增加，不论多少，都会相应地增加致癌危险。

2. 集体辐射量

- a. 是集体睡眠的拼写错误，集体午睡是要求学前儿童必须进行的睡眠。
- b. 一个新计划，根据该计划，在大学校友晚会上平均分配一定量的饮料和啤酒，以防止某些人多喝。
- c. 一个带有社会主义色彩的术语，表示平均分配所有的药品。
- d. 一个特定人群的所有成员受到的辐射的总和，通常用“人-雷姆”或“人-西韦特”为单位来表示，也称作人群辐射量。

3. 重整

- a. 美国国会一致支持的与竞选财政法

案有关的事宜。

- b. 在美食家饭店，被遗弃或没吃的食物在重新提供给顾客之前对其所进行的处理。
- c. 整形外科医生从事的工作。
- d. 从诸如甲醇或汽油之类的物质中提取用于燃料电池的氢的过程。

4. 电解质

- a. 希腊的半女神，宙斯与之恋爱。
- b. 政客对全体选民的错误拼写。
- c. R. E. M. 演唱组第 1 张歌曲专集“慢性城镇”中的一首歌的名字。
- d. 燃料电池的关键部件，允许质子但不允许电子通过。

5. 增殖反应堆

- a. 安置不孕的夫妇的反应器。
- b. 一种现代的养鸡厂。
- c. 德国的一个度假地点。
- d. 一种反应堆，根据设计，其生产的裂变材料多于消耗的裂变材料；由于绝大多数增殖反应堆使用快中子来保持核反应链的继续，它也叫“快反应”堆。

答案：1、d； 2、d； 3、d； 4、d； 5、c & d