

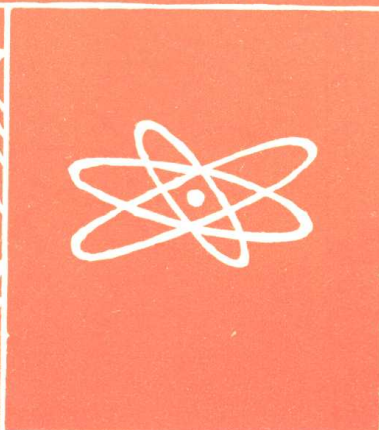


能源知识丛书

核能

侯逸民 编 著
黄炳印

能源出版社



能源知识丛书

核 能

侯逸民 编著
黄炳印

能源出版社

1984

出 版 说 明

当前能源的紧张成了制约我国经济发展的一个重要因素。对能源的开发和节约是急待解决的迫切问题，从中央到地方都十分重视。为向广大管理干部、能源生产单位、能源使用部门的职工以及其他各界广大读者提供这方面的知识，本社拟出版能源知识丛书。欢迎各方批评指正。

、 能 源 出 版 社

一九八三年九月一日

核 能

侯逸民 黄炳印 编著

能源出版社出版 能源出版社发行部发行

妙峰山印刷厂印制

787×1092 1/32开本 3.5印张 74千字

1984年7月第一版 1984年7月第一次印刷

书号：15277·37 定价：0.50元

核 能

内 容 简 介

《核能》是能源知识丛书之一，它向读者提供了自1938年发现铀裂变开始直到最近使用核能现状的广泛知识。

本书从第二次世界大战期间交战双方各主要工业国对核能军事应用的秘密研究，以及大战将结束时美国在日本投掷的原子弹谈起，讲到核能的基本原理，核能的各种主要应用（核电站的各种反应堆、可控核聚变、原子弹、氢弹、中子弹、核潜艇及其他和平用途）内容简明扼要。

书中澄清了人们对核电站安全性的疑虑，证明了核电站危险性比其他许多能源都小，指明核电站的反应堆决不可能发生象原子弹那样的爆炸；指出核电站的主要危险来自可能出现放射性物质的散逸事故，而反应堆固有的安全性及控制系统和防护措施又有效地防止了重大事故的造成。从经济性来看，核电站基建费虽高，但燃料费比火电低，而其他运行费又差不多，所以核电的成本低。

本书还简单介绍了核能工业的概貌。

前 言

几年前，人们一谈起核能，就谈虎色变。美国“三里岛事件”的影响，闹腾了好一阵子。后来调查清楚了，算了细账，作了反复比较，人们终于认识到，核能比其他一些常规能源或工业交通，都要来得经济而安全。用煤的火力发电，使用汽油的汽车，安全吗？每年死于这两项的工业和交通事故，何止万千！仅美国公路上一年发生的交通事故就造成五万人死亡。而全世界已经运行的核电站，截止1982年8月，有24个国家或地区共273座，很少因事故而造成死亡。事实已经证明，核电站的风险与各类工业风险和社会风险相比，真是微乎其微。核电站很少造成辐照死人，研究分析的死亡风险比其他社会风险要小几千倍、几万倍。据美国的统计，美国一百万千瓦电厂及燃料工业，每年因工伤、职业病而损失的人工数：烧煤的在3,770~9,250，而核电仅有270~1,000。对核能的恐惧心理，是由于战争及失实或片面宣传造成的，人们对其缺乏了解也是原因之一。

组成物质的原子核，通过一定的方式，可以释放出巨大的能量。但是使用这种原子核的能量时可以让它在一瞬间爆发，那是原子弹、氢弹或中子弹等难于控制的形式；也可以缓慢的、完全不同于原子弹的方式释放出来，那就是核反应堆及核电站。只要认识到它的规律，是没有什么可怕的。正如原始社会对火的使用一样，开始觉得可怕，控制好了，原始人从烤肉、取暖中获得了火的好处；火在人类的生存和发

展中起过革命性的作用。核能的使用正在或将要对人类社会的发展产生深远的革命性影响。

今天的人类已经从应用核裂变能的核电站中得到了好处。不久的将来人们定会全面掌握包括可控核聚变在内的核能，从而实现历史上又一次的重大能源变革。比之于煤、石油和天然气来说，核能的原料要丰富得多，将来，占地球表面积百分之七十一的海洋也将成为核燃料用之不竭的宝藏。

目 录

前言.....	(9-iii)
第一章 核能初露锋芒.....	(9-1)
第二章 核能的原理.....	(9-17)
第三章 核能的应用——核电站.....	(9-30)
1. 核电站概述.....	(9-30)
2. 核电的安全性及经济性.....	(9-43)
3. 核电的现状 & 展望	(9-59)
第四章 核能的其他应用	(9-73)
1. 核聚变研究	(9-73)
2. 核武器.....	(9-75)
3. 核潜艇.....	(9-82)
4. 其他和平用途.....	(9-83)
第五章 核能工业.....	(9-86)

第一章 核能初露锋芒

1938年12月，德国柏林凯撒·威廉研究所的科学家哈恩，在斯特拉斯曼的鼓吹下，漫不经心地听着伊伦·居里发表的一篇论文要点。惊雷般的消息使得哈恩连桌子上燃着的那枝雪茄烟都不顾，就赶紧跑到了实验室里。一连多日进行着用中子射击铀原子核的核反应实验。

1939年2月的《自然》杂志上，铀核裂变的消息传遍了全世界。紧接着，各国科学家都证实了哈恩们的铀原子核确实能够分裂的实验。

但是，对于原子核内蕴藏的能量能否实际应用，开始并没有引起普遍注意。连原子科学创始人之一的玻尔都认为，可以根据十五条有力的证据证明，核裂变反应的实际应用是不可能的。甚至连哈恩自己，当他同几个要好的同事辩论他的发明的实用性问题时，对核能的应用还大叫：“无疑，这是违反上帝意志的！”

后来，随着科学家的深入研究，使人们逐步认清了核能实际应用的前景。一公斤的铀-235分裂所放出的能量相当于两万吨梯恩梯炸药爆炸时放出的能量，而且这种裂变所需要的时间通常只有百万分之一秒。这个发现正值第二次世界大战前夕，可以想象，人们为它可能用作武器是多么担忧。有理由怀疑，希特勒敢于失去理性地进行战争挑衅，产生征服世界的狂妄野心，他是否想用“原子弹”这张王牌取得战争的胜利呢？

人们的担心虽然不是事出无因，但毕竟没有成为现实。希特勒的鼠目寸光为反法西斯力量赢得了时间。

第二次世界大战以前，德国的原子能科学研究开始得较早，技术力量雄厚，基础好，是个很有发展条件的发达工业国。在德国，有活跃的物理研究中心，也有良好的学术思想传统，因此能在德国首次发现铀核裂变现象不是偶然的。但是，那年月里德国的科学研究工作，一直没有得到国家的重视和支持，科研机构由私人团体主办。直到大战爆发后，德国成立了特殊研究小组，才考虑原子能的军事应用问题，并改由军械部领导。

早先德国的“铀计划”比英法及中立的美国进展快。被征入伍的大多数著名科学家在三、四个星期内就被召回研究所。1939年9月26日，制订了详细的工作计划，确定了各自的任务。生产高纯度八氧化三铀的任务，经军械部指定由有关方面承担，而反应堆所需的重水由挪威一家厂生产，同时也开始试制石墨（纯炭）。

1940年至1941年间，豪特曼斯在研究中肯定地指出，先从铀反应堆中获得新的爆炸物质之后，就可以很快制造出原子弹。他向诺贝尔奖金获得者冯劳埃请教，冯氏则说：“我亲爱的同行！一个人在任何时候都不会发明出他根本不愿意发明的东西。”

在这种背景下，一个有远见的国家元首如果能够在这方面具备一定的知识或者能认真听取专家们的意见，认识到“铀计划”在军事方面的战略意义，显然对他们将会很有利。但由于法西斯战争的非正义性，希特勒的野蛮屠杀和战争狂，丧尽了民心，失道寡助，德国的一大批有作为科学家，被迫纷纷背井离乡，逃亡他国。尤其是希特勒的狂妄野

心，企图速战速决的“闪电战”，使他的战争计划一开始就建立在不切实际的幻想之上，把希望寄托在轻而易举地得胜上。1942年希特勒颁布了一道命令：任何新提出的新武器计划方案，如果不能保证在六个星期内制造出来并用于战场，那么这种计划就不能进行。

1942年6月6日，海森堡向德国供应部长施皮尔及其总部作了汇报。施皮尔决定：由于制造原子弹的技术复杂，一时无法解决，故不作重点研究方向。

希特勒的命令，施皮尔的决定，解脱了许多物理学家们的思想负担，因为他们本来就不支持希特勒的侵略政策，不满法西斯统治，不愿为他的法西斯政权和侵略战争服务，有的逃离德国，有的虽留在德国研究机构，也是为了避免服兵役和取得点研究经费，在岗位上消极怠工。他们是知道能够制造原子弹的事实的，但并不愿意去做这种工作，另一方面又感到恐惧，生怕别的人或别的团体说服希特勒从事原子弹的研制。现在这种忧虑消除了。

1942年冬天，由于德国法西斯在东线战场上失利，负担过重的德国工业已经感到战争的极大压力。铀和铀矿石的生产量已无法及时供应，原子核反应堆的实验工作也不得不再再拖延。挪威敖斯克厂，本来是世界上重水生产量最大的一家工厂。这个厂早期由法国和挪威合办，1940年3月，法国巴黎约里奥·居里实验室曾从该厂得到一百六十五千克重水，成为当时世界上唯一的重水贮备。大战爆发后，德国人占领了这个厂，并扩大了生产规模，生产出来的重水全部供应德国。因此美国的军事部门因害怕德国先制成原子弹，一直不惜任何代价破坏该厂。1943年2月，挪威游击队的两个小分队担任了破坏该厂的任务，估计有三千磅重水还有主要

的浓缩设备遭到破坏。1943年11月16日，美国第八轰炸队的机群又空袭了该厂，破坏了一百二十磅重水。德国人为了避免遭到频繁的袭击，决定把工厂设备拆迁，用船把这些重要设备和重水运往国内。1944年2月20日，在运输途中，被挪威游击队巧妙地用定时炸弹击沉，结果该厂重要设备和三千六百加仑重水从此全遭覆没。法西斯掌握的仅有的一点核设施材料就这样彻底毁灭了。

现在再回过头来看看反法西斯阵线方面。当哈恩的实验发现铀核裂变以后，匈牙利青年物理学家西拉德，这时已迁居美国，他的敏锐的想象力又赶到了事实的前面。他清晰地意识到了将来可能展开一场原子武器的竞赛。他说服了费米及在美国的同行们实行保密，还想说服欧洲的原子科学家也保密。1939年2月他给约里奥·居里写信说：“两星期以前，当哈恩的文章传到我们这里来的时候，我们这里就有些人想了解：铀裂变以后能否有中子释放出来。如果能有一个以上的中子释放出来，那么就有可能形成链式反应。在一定的条件下，制造对人类有极大威胁的原子弹是有可能的。”西拉德在信中最后说：“我们但愿中子根本不能释放出来，或者就是释放出来也是微不足道的，这样就不必为这一问题而担心了。”他请求约里奥·居里自愿不泄露研究成果。

但就在这个时候，《自然》杂志、《物理评论》等报道了铀核裂变时能释放出多余的中子，因此链式反应可以自持下去，从而也就能实现原子爆炸。

从1939年4月末到7月末，西拉德、维格纳、特勒（都是匈牙利的物理学家）和维斯科普（奥地利物理学家）一直设法让美国政府了解原子能研究工作的重大意义。1939年3月17日，费米就曾凭哥伦比亚大学系主任乔治·波格拉姆的

介绍信去拜访了海军军械部长、海军上将胡伯，同他讨论了制造原子弹的可能性。但这位部长只表示了礼貌上的兴趣，希望费米继续提供发展情况，而实际上并没有引起重视。

西拉德等人由于听到德国有可能从事这方面的研究，强烈感到美国政府有必要加强这方面的工作。于是，西拉德就找到了爱因斯坦（1933年由于法西斯迫害而离德赴美居住）以及进出白宫的经济顾问萨克斯讨论了这个问题，最后决定由西拉德和萨克斯起草一封信，希望呈交罗斯福总统，要求制造原子弹。他们请爱因斯坦签名。出于制止法西斯魔爪的需要，爱因斯坦没有也不可能考虑到若干年后形势的发展，他利用了自己当时在美国享有的崇高威望，在这封信上签了字。

信的全文是这样写的：

总统先生：

最近，费米和西拉德两位教授曾把他们的一些研究报告，以手抄本的形式送交我们。这些报告使我们深信：不久的将来，铀将成为一种新的并且是极为重要的能源。根据目前某些方面的情况来看，我们政府应该在这方面及时警觉，同时，在必要时得采取迅速行动。因此，我认为有责任提醒您注意下列的一些事实以及我的劝告。

在过去的四个月，由于法国的约里奥·居里和美国的费米及西拉德的努力，使得在大量的铀中能够引起一种链式核反应，大有实现的希望。在这种反应中，能产生极大的能量，同时也会产生大量新的象镭一样的放射性元素。现在我们几乎可以确定，在不久的将来就能完成这种反应。

这种新现象同时也提示我们，可以制造一种新型炸弹。虽然把握较小，但这种想法还是可信的。一颗这样的威力极大的新型炸弹，可用船舶将它运送到一个港口，并予以引爆，它的力量足够炸毁整个港口四周的一些地区。然而，可惜的是这些炸弹的重量太大，不便于空中运输。

在美国，仅有中等数量的贫铀矿，在加拿大和捷克有稍好一点的铀矿，而最好的铀矿是在刚果。

这样看来，也许您会想到，政府行政机构与在美国致力于链式反应研究的科学家之间，最好能有一些密切的联系。要达到这种目的的可能办法是您把这项任务委托给一个您所信任的人，最好他没有官员的身份，他的工作可以包括下列数项：

(1) 接近政府各部门，使它们知道进一步的研究发展，他对政府的决策提出建设性的意见，同时还要特别注意“维护铀矿在美国的供应”。

(2) 加速实验工作，目前进行实验工作的预算仅限于几个大学的实验室而已，为了加强实验工作，我们可以准备基金（假使这笔基金的确需要的话）。通过这位工作人员的关系首先可以向一些志愿负担这笔费用的私人来借贷，其次我们争取一些工业实验室的合作，这些实验室都具有我们所需要的设备。

据我所知，德国人在事实上已经停止出售他们接管的捷克铀矿开采出来的铀。他们如此的早期行动，或者可被认为是由于德国副国务卿的儿子冯·韦斯里克任职于柏林威廉皇家学院，在这个学院

里，有些象在美国，铀的研究工作，正在反复地进行着。

您的十分忠实的

阿尔伯特·爱因斯坦

1939年8月2日

这封信是拟好了，可是要把信送到总统手里，并说服当权者将巨额投资放到一项没有把握的冒险的浩繁工程上，是需要费点周折的。

1939年10月11日，萨克斯终于得到了亲自向罗斯福总统递呈这封信的机会。这封信已经在他手里压了将近十一个星期。其时，第二次世界大战已在欧洲爆发。为了使总统了解全面情况而又不致使此信件积压等候处理，萨克斯当面向总统汇报了情况。可是罗斯福已经很疲倦，他向萨克斯说，这些都是很有趣的事，不过政府在现阶段就干预此事，看来还为时过早。显然，罗斯福是想推掉这件事。但是，当萨克斯要离开的时候，总统为了表示歉意而约他第二天早晨来共进早餐。

萨克斯一整夜没合眼。他在卡尔顿旅馆的房间里来回地踱着，从旅馆出去到附近的小公园达三、四次之多，长时间地思索着怎样说服总统从而得到他的支持。

看来，重温历史的教训是有益的，萨克斯这样想。

第二天早晨，萨克斯来到了白宫。罗斯福一见面就开玩笑地问道：“你又有了什么绝妙的想法吗？”萨克斯鼓足了勇气回答道：“我想向您讲一段历史。”接着他就说：“在拿破仑战争时代，有一个年轻的美国发明家福尔顿来到了这位法国皇帝面前，建议建立一支由蒸汽机舰艇组成的舰队。他说这样的舰队，无论什么天气都能在英国登陆。拿破仑想，军

舰没有帆能走吗？这简直不可思议，因此竟把福尔顿赶了出去。根据英国历史学家阿克顿爵士的意见，这是由于敌人缺乏见识而使英国得到幸免的一个例子；如果当时拿破仑稍稍动一动脑筋，再慎重考虑一下，那么十九世纪的历史进程也许完全会是另外一个样子。”

历史的进程是否真如阿克顿估计的那样，由武器决定，当然不是如此。但此时此刻，经济顾问的话确实提醒了总统。

罗斯福沉默了几分钟。然后吩咐仆人拿来了一瓶拿破仑时代的法国白兰地与萨克斯碰杯。随后说了一句：“阿列克塞，你有把握不让纳粹分子把我们炸掉，是吗？”萨克斯回答说：“是这样。”然后总统就把自己的随员沃特逊将军叫来，指着萨克斯带来的信件说：“帕阿（沃特逊的绰号），对此事要立即采取行动！”

不久，在罗斯福总统的命令下，组成了一个铀咨询委员会。1939年11月1日该委员会提出了一个报告。但是，在1940年6月底以前，华盛顿当局对这项任务抓得并不得力，经费也没有增加。

从1940年7月以后，福勒博士奉命陆续将英国在原子能研究方面的进展通知有关方面，并告知有可能在战争结束前造出原子弹，才引起了华盛顿当局的注意。最后，终于在1941年12月6日，即日本偷袭珍珠港*的前一天，才正式颁命设置机构从事发展原子弹的计划。机构名称几经斟酌，故意取得晦涩难懂，称“曼哈顿工程”。

美国这项发展原子弹的“曼哈顿工程”计划，是一项政治

● 1941年12月7日，美国被袭后宣布参加第二次世界大战。

冒险计划。在国际上，它是继德国生产V2型火箭之后的第二次由国家出面组织的巨大工程。按着这个计划，当时美国把大量的人力、物力都转移到了这一有可能要失败的项目上来。很多正在从事发展雷达、潜艇探测、自动瞄准武器以及其他数不尽的急迫项目的卓越科学家，以及大批的技术工人，都被调到这个岗位上。大量的战略物资也都转用于这项工业体系的建立上。美国的原子弹计划就这样悄悄地开始了。

有段插曲需要提一下，1982年9月，八十三岁的前日本陆军大佐川岛在接受日本广播协会记者采访的时候透露了一条秘闻，并且有个参与事件的西班牙间谍还在电视上与观众见了面。

据说，1942年底，这名潜伏在美国的西班牙间谍，向日本密报了美国在秘密制造原子弹的情报，并详述了这种秘密武器可能的威力和性能。1943年1月，日本首相兼陆军大臣东条英机召见陆军大佐川岛，责令他立即组织人员研制原子弹。在日本政府的督促下，科技人员迅速开展工作。但由于日本资源贫乏，缺少原料，使研制工作进展十分缓慢。东条英机只得向希特勒求援。于是，德国人派了一艘潜艇将原料送往日本。但是德国潜艇在航行过程中被盟军的军舰发现后炸沉。这样，日本的原子弹研制工作也没有起步。

从苏联方面来说，苏德之间战犹正酣的时候，苏联的一个下级军官，向最高统帅部写了一封建议研制原子弹的信件。这个函件引起了斯大林的重视。在战时供应十分困难的情况下，斯大林立即着手组织人力物力投入了这一项工作。

这些情况无疑说明，第二次世界大战期间，交战双方各先进工业国，都已经注意到核能在军事上的潜力。

原子能的释放，在实验室里已经被科学家认识到了，但它在实际应用当中能否成功以及究竟有多大威力，至此，还是个谜。

经过五年多的紧张努力，1945年7月中旬美国人就要进行第一颗原子弹的试验了。在这样漫长的准备阶段，曼哈顿工程区是在极严格的保密控制下工作的。但是在新墨西哥沙漠上阿拉默果尔多第一次核试验的前几天，这个即将到来的事件对于洛斯-阿拉莫斯研究机构科学家的妻子和孩子们来说，已经不是什么秘密了。谁都知道，人们正在准备做一件极重要的激动人心的事情。有人把他们工作的目标称为凶神。

1945年7月12和13日，实验性原子弹的内部爆炸机械各组成部件由洛斯-阿拉莫斯经战时建成的秘密道路运了出来，这些部件由装置地段运往试验地区。这个闻名的地区叫作“死亡地带”。就在这儿的沙漠中心已经立起了一座高大的钢架，原子弹就将装在这上面。

在最后的几个星期中一直没有从洛斯-阿拉莫斯离开的那些进行最后阶段工作的原子科学家们，正整装待发。他们备足了食物，并且按照领导上的特殊指令穿上了特别服装。连着两天雷雨大作，15日召集了全体实验参加者开了一个会，然后到会者分乘了几辆伪装的各种颜色的小轿车，经过四小时的路程到达了试验场。

深夜两点钟以前大家都在就地待命，然后集合在距离那高大钢架十六公里开外的宿营地，这个钢架上现在正放着一颗未经试验过的原子弹，这就是他们整整两年的劳动成果。他们都戴上了准备好的黑色保护镜，以预防辐射的烧伤，脸上也涂了油膏，免得炽烈的光线伤害皮肤。