

# 核能与核技术应用

王成孝 编著



原子能出版社

# 核能与核技术应用

王成孝 编著

原子能出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

核能与核技术应用/王成孝编著 .—北京: 原子能出版社, 2002.2  
ISBN 7-5022-2435-1

I. 核 ... II. 王 ... III. 核能—应用—研究 IV. TL

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 072616 号

## 内 容 简 介

本书共九章, 第一章回顾了军用核工业的崛起和中国面临的挑战; 第二章介绍了核技术的广泛应用对提高人民生活水平、促进经济发展同样有着十分重要的作用; 第三、四、五、六、八章叙述在地球环境约束下核能是唯一可供选择的可持续发展的安全清洁的有效能源及其如何正确发展的理论性表述; 第七章论述与核能发展匹配的燃料循环最优化; 第九章给出了科教兴国案例。

本书内容深入浅出, 可供核能领域规划以及专业技术人员阅读, 也可供大学高年级学生和研究生阅读参考。

原子能出版社出版 发行

社址: 北京市海淀区阜成路 43 号 邮政编码: 100037

北京朝阳科普印刷厂印刷 新华书店经销

开本: 787 × 1092 mm 1/16 印张 23.5 字数 586 千字

2002 年 2 月北京第 1 版 2002 年 2 月北京第 1 次印刷

印数: 1—1000

定价: 48.00 元

# 序

40多年来，核动力已为世界能源需求做出了重大贡献，目前它提供了6%以上的一次能源和17%的全球电力。较小的环境影响和巨大的燃料资源潜力将使得它能为满足21世纪的可持续能源挑战做出重大贡献。但是，当前能源规划似乎面临着公众对核动力的误解和担忧以及对新的能源来源的不现实的期望。尽管在技术和政治方面都认识到了核动力的优点，但在可持续能源未来中它并不是一种全球都赞成的选择方案。相当一部分舆论仍对增加核动力的使用保持犹豫或反对的态度，一些舆论甚至反对继续将核动力使用保持在现有水平上。也有许多组织要求发挥核动力的作用。21世纪核动力面临着人们对它能否有正确认识的考验。当前，世界面对的是一种严重的、由强烈感情影响而产生的奇怪现象。在不少工业化国家中，那些非常关注潜伏着的、由散发到大气中的数十亿吨温室气体引起的灾难性效应的人，基本上是最反对核能的人。或者说，能够非常透彻地看清楚全球变暖问题的那些人，往往是最强烈反对对这一问题的最现实解决方案的人。但是在21世纪，如果想要使能源需求得到满足并保持供应可靠，则人类必须利用核能。

20世纪60年代，中国在核能方面取得了巨大成就，使中国国防力量有了显著增强，打破了超级大国的核垄断，提高了中国的国际地位。但中国的核电站建设起步较晚，核技术应用也不普及，所以中国公众对核能和核技术应用的巨大潜力没有60年代核爆成功时的那种震撼性感受。因而需要对核能和核科技的广泛应用进行普及性传播。核技术应用同样是提高生活水平、促进经济发展的重要内容。

18世纪末的第一次工业革命完成了人类生产从农业为主转向制造业为主的过程；一百年前的第二次工业革命的特点是电气化和大规模生产，给人类生活带来了巨大变化；今天的新技术使人类积聚财富的速度超过了以往任何时候，美国麻省理工学院（MIT）经济学家、《创造财富》一书作者莱斯特·瑟罗说：“人类正生活在前所未有的科技大发展年代。放眼望去到处都是令人惊奇的新生事物：‘虚拟现实’和‘网络空间’已成为大众语言；‘因特网’和笔记本电脑已使电脑购物成为现实；新科技改变了人们生活方式，甚至改变了人们居住空间的地缘分界……一个接一个的奇迹令人眼花缭乱。无疑，一个充满了新的发展机遇的领域已经展现在人们眼前”，这就是第三次工业革命。

中国正抓住现在的机遇进行科教兴国。在中国科教兴国中，核能和核技术应用是一股可持续发展的重要力量。“核”涵盖三类技术：(i) 产生核爆炸所需的技术；(ii) 使反应堆中的水加热随后驱动汽轮机发电的技术；这两种技术都用铀和钚原子分裂来释放能量；(iii) “核应用”，尽管公众对此知之甚少，但这类技术五花八门，对人们日常生活中的每个方面都有着惊人的影响。美国在1992年的一项研究中指出，与核科技有关的非动力和平应用每年涉及3570亿美元和370万个工作职位，美国的非动力核应用工业似乎比核动力工业规模大4倍多。

我们从未像今天这样安全地使用核能，也从未像今天这样需要使用更多核能。然而一般公众对核电的理解却停留在轻信谬误的状态，其害怕的程度与客观事实很不相称。因此，为核能在 21 世纪的中国描绘出新的未来，如何以及谁来绘制这幅蓝图，绘制成什么样子，至关重要。这幅蓝图涉及国家的能源政策、资源利用、核燃料循环开发、智力调配、国家财政等众多方面，这些都是国家级的规划。

笔者通过本书希望表达：

- 冷战虽已过去，但中国的安全保障仍然是经济发展的重要基础；
- “核”涵盖三类技术，即核爆炸、核电和“核应用”，三者一体化是相互促进转化的最优模式；
- 核电、核技术应用都是知识型工业的重要组成部分，有计划大力发展，才能显示出显著成效；
- 环境约束下，发展核电是可持续发展的必然选择，决心早下比晚下好；
- 发展相当规模核电，匹配与之适应的燃料循环，在经济上才能事半功倍，否则另当别论；
- 只有发展相当规模核电，跟踪快堆与聚变堆研究才有可能持续或者说才有意义；
- 核设备、燃料国产化，堆型不可太杂；
- 现在发展核电，中国各个电网容量都很大，因此单机机组应在 100 万 kW 以上，技术起点也要提高，充分显示其优越性；
- 核电和核技术应用和发展，一定要动员各有关力量，大力协同，不能逆规律办事，才能形成核能产业。

一座 100 万 kW 电站，每年所需燃料吨数的分别为：燃煤，260 万吨煤，2 000 节车皮（每节 1 300t）；燃石油，200 万吨石油，10 艘超级油轮；核电用铀，30t。

一座 100 万 kW 电站的环境污染物：未采用污染控制技术的煤电厂每年平均产生并排入大气约：44 000t 硫氧化物；22 000t 氮氧化物；32 万吨灰（其中含 400t 重金属如砷、镉、钴、铝、汞、镍、钒）；600 万吨 CO<sub>2</sub>（温室气体）。

使用现代污染控制技术的化石燃料 100 万 kW 电厂，其有害气体排放量降至原来的 1/10，但产生大量固体废物，除硫过程中：煤，每年 50 万吨；石油，每年超过 30 万吨；天然气，每年 20 万吨。

而同样规模核电厂，不排放有害气体或其他污染物，每年只产生约 30t 高放乏燃料和 800t 中、低放废物（中、低放废物经压容处理，体积减少到原来的 1/10）。

这些数字表明了核电的优点。

书中众多表中，有些同类数据数值可能并不完全相同，这是因为资料来源不同与时间不同所致。

在开始写本书时，得到了原中国核工业总公司彭士禄院士和颜廷跃处长的帮助，在此表示衷心感谢。

编著者

2001 年 2 月于北京

# 前 言

中国的核能发展在 21 世纪开始就面临新的挑战，挑战是多方面的。笔者希望为核能在中国描绘一个新的未来。谁来绘制这幅蓝图、如何绘制以及绘制成什么样子是一个至关重要的问题。当然要依靠中国有关的各个行业、各个方面的智慧，但是核能作为中国在科教兴国中一股可持续发展的重要力量之一的理想选择，在认识上可能未必一致。笔者从科学技术角度，奉献此书，抛砖引玉，以求共识。便于集体绘制核能在中国的应用蓝图并取得合法的地位。也就是说，国家要意识到在经济可持续发展中核能是一种必须的重要选择，才能制订出 10 年或更长时期的核能与核技术应用的长远发展规划，这就是绘制未来的合法蓝图。

如果在 10 年、20 年甚至更早以前不失时机地、不断地在不同时期向上至国家领导，下至公众分别叙述与报告核能、核技术应用特别适合于中国国情的发展潜力，求得各方面的理解和支持就会更好。笔者的宗旨，并不是突出核能，而是根据核能、核技术应用的技术特点，确认核技术在中国科教兴国中的重大作用和地位。

21 世纪核能、核技术应用在中国历史中应为中国经济可持续发展贡献一份较大的力量。美国在 1992 年专门有一项研究指出，与核科技有关的非动力和平核技术五花八门的应用，每年涉及 3 570 亿美元和 370 万个工作职位的就业。美国的核技术非核动力应用工业比核动力工业的规模约大 4 倍多。

中国核能与核技术应用的重要性不仅只是核能工业领域的努力，而且需要社会的共同努力，让核能与核技术应用与中国社会之间建立一种新型关系，让社会感受到由于中国核能发展而感到骄傲。

政府对核能和核技术应用的财政使之“转化为强有力的研究政策”。

反过来，核能与核技术应用也会回报社会的需求。

从全球趋势看，21 世纪是从“工业化时代”向“知识时代”转变的竞争时代，通过激烈的竞争出现个性和创造性，从而使新技术、新产业层出不穷。知识社会化、经济的全球化、环境的制约化，正好这些都是适应核能与核技术应用中的重要条件。核能行业，在科教兴国过程中，如果能够首先从“工业化时代”向“知识时代”转变，这也是一件好事。核能行业要求最好能具备这种素质。

核能工业要求应用成熟技术，但同样要求技术创新，重点是：物质和材料科学技术；信息电子科学技术；软件科学技术；尖端性基础科学技术等等。

本书第一章，简单回顾了中国在 60 年代原子弹、氢弹爆炸成功所取得的巨大成就，有过很长一段时间曾使国家扬眉吐气，感到骄傲。现在冷战的年代虽然已成为过去，但中国面临的众多挑战依然存在，因此如果任何低估 60 年代这种成就影响的认识，就是一种大错，如果让核武器发展实现军用民用一体化，与核能核技术应用一起与中国社会之间建立一种新关系，让社会感受到由于中国核能发展而再次感到骄傲。第二章专门讲述了核技术在国计民生中的广泛应用，片面理解核能利用，是核能利用受到局限的根本原因，核技术应用对于提

高人民生活水平，促进经济发展与核能应用一样可以发挥重要作用；第三章专门介绍了各种能源资源的利用状况以及出现环境危机的约束趋势。21世纪地球人口已经从超过60亿开始，解决有利于环境的能源需求可能是人类面临的重大任务之一，利用核能看来是人们必须作出的选择，别无他法；第四、五章是讲述核电站用各种类型动力反应堆的发展以及它们之间的相互关系，表明它们是知识型技术，并不是随意选择都能适应不同国家的不同特点，随意选择的结果，必然使国家在核电发展中受到损害；第六章专门介绍了几个主要国家的核电发展状况，他们的经验值得思考和借鉴；第七章介绍核燃料循环，这是核能应用中的又一特点，是高科技的重要反映，30多年来核燃料循环，不论在技术上，概念上和战略思想上都出现了不小的变化，只有发展了相当规模的核电站，才能谈得上匹配与之相适应的核燃料循环的经济性。而且核技术应用事实上能使核能技术、核燃料循环系统的经济性更加充分、有效地发挥和利用。规模不大的核电，谈不上核燃料循环经济性；第八章专门论述核安全与防护。对辐射健康效应的担心是公众对核动力活动担心的核心。辐射在日常生活中处处可见。从全球平均看，地球释放的氦气占年个人辐射照射量的约49%，另外40%天然照射量来自宇宙辐射及地球上和我们体内的放射性物质。其余11%是人为造成的，几乎全部来自医学照射。核动力相关活动只产生0.006%的照射量。一些被广泛接受的研究证明，癌症死亡与核设施运行无关，而认为它们之间有联系的一些研究被证明是错误的。由于煤中的放射性杂质，使煤电厂的放射性释放对公众产生的辐射照射量高于核电站。笔者期望读者了解，核能是安全、清洁、经济的能源，对核的恐惧心理是不必要的；第九章只是作为案例性设想，说明其优点，供参考。

40年代开始核能应用的发展是科学研究、技术努力和商业应用的结果，也是智慧、献身和合作精神的结果。笔者还要介绍一个基本事实，我们的生物圈本质上是以原子核能为动力的。太阳发出的红外线对于环境的加热和关键的生物化学反应的加速都具有重要意义。太阳的热和光是从距地球约1.48亿公里的巨大熔炉中连续反射的，这个熔炉以氢为动力，来自核聚变反应，人类已学会利用此反应产生核爆炸。在第五章§5.9节中就是讨论研究利用人工可以控制的核聚变反应来解决21世纪的能源问题。

另一点是，地球内部发生的绝大部分热量产生于地球内部原生放射性核素蜕变，这种蜕变几乎全部转化为热能。要是没有这种放射性，地面的平均温度将会大大降低，而且主要地球物理过程也会改变。

研究还表明，如果没有宇宙射线，也许就不会有雷电，没有雷电和宇宙射线，也许就不会产生大气中惰性氮气转化为氧化形式的氮能被植物和动物所利用。

由此可见，不论我们喜欢与否，辐射与放射性都是人类社会非常重要的一部分，也是必不可少的一部分。充分研究、有效利用核能是人类社会进步的表现。盲目反核，对社会进步不利。

随着人类社会的进步，核能朝向更为密集型应用趋势发展，诸如：发电、医学、工业、农业等各个领域中对社会越来越多地作出贡献，基本原因是人口日益增长，自然资源供应不断减少，环境要求的约束以及技术的进步，使人们作出必要的核能利用的选择。

尽管核聚变动力堆的开发利用是十分必要的和重要的一种选择，但是，核电在21世纪由于天然铀资源数量的限制，即使快中子增殖反应堆也能进入商业市场，看来核电也是一种解决能源问题的过渡性措施。人们总是期望受控核聚变能长远地解决能源危机以及环境危

机。核聚变堆的主要特点除它的燃料来源不受限制外，特别吸引人们兴趣的有：

1. 很少产生像裂变反应堆所固有的那些放射性废物；
2. 没有核爆炸的危险，因为聚变堆要产生能量，就要求堆芯等离子体的一些参数之间满足敏感的平衡条件，这个条件一旦破坏，聚变反应就会自动停止；
3. 不存在余热问题，放射性产物在聚变反应停止后还会释放能量，但放射性产物在聚变堆中数量甚少；
4. 在发生破坏性事故或自然灾害的情况下，对生物体的危害性的可能性是很低的；
5. 与裂变增殖堆比较，核聚变堆减少了转换为核武器级用核材料的危险性。

因此，人们期望在 21 世纪中前期，核聚变反应的点火实验装置能有新的推进。

中国经济正面临“历史性的转变”，21 世纪世界工业化国家要从“现代工业化时代”向“知识时代”转变，中国要有 21 世纪的“应有状态”，就是要发展知识社会化；顺应经济全球化；适应环境的制约要求。那么，发展核能作为科教兴国的重要措施是必要的。



# 目 录

序	
前言	
<b>第一章 中国需要发展核能</b> .....	(1)
§ 1.1 简单历史回顾 .....	(1)
§ 1.2 并非危言耸听 .....	(8)
§ 1.3 中国面临的挑战 .....	(17)
§ 1.4 核电、核技术在科教兴国中的重大作用 .....	(21)
<b>第二章 核技术应用</b> .....	(24)
引言 .....	(24)
§ 2.1 核技术在农业上的应用 .....	(25)
2.1.1 核辐射技术与作物遗传改进 .....	(25)
2.1.2 核辐射技术与害虫防治 .....	(33)
2.1.3 核辐射刺激生物生长 .....	(36)
2.1.4 同位素示踪技术在农业中应用 .....	(39)
§ 2.2 核技术在工业上应用 .....	(43)
2.2.1 100种最重要放射性同位素和核电池 .....	(43)
2.2.2 核技术的工业应用 .....	(47)
§ 2.3 核技术应用于食品与农产品的辐照 .....	(50)
2.3.1 概况 .....	(50)
2.3.2 中国食品辐照状况 .....	(52)
2.3.3 辐照装置 .....	(55)
2.3.4 食品辐照杀虫经济可行性 .....	(57)
§ 2.4 核技术在医学上的应用 .....	(57)
2.4.1 用放射性核素诊断 .....	(58)
2.4.2 用辐射和放射性核素进行治疗 .....	(63)
§ 2.5 核技术在航天中的应用 .....	(65)
2.5.1 航天简述 .....	(65)
2.5.2 核能在空间动力中的作用 .....	(65)
2.5.3 核火箭——核能热力推进系统 .....	(66)
2.5.4 核电源——核反应堆发电系统 .....	(69)
2.5.5 核电火箭——核能电力推进 (NEP) 系统 .....	(70)
<b>第三章 能源供求关系状况</b> .....	(72)
引言 .....	(72)

§ 3.1	世界能源供求	(73)
3.1.1	能源需求与经济发展	(73)
3.1.2	能源供需状况	(75)
3.1.3	能源与环境	(90)
§ 3.2	中国的能源供求状况	(95)
§ 3.3	电力	(106)
§ 3.4	结束语	(114)
<b>第四章</b>	<b>核裂变能反应堆</b>	<b>(117)</b>
	引言	(117)
§ 4.1	核能基础	(117)
4.1.1	原子结构和同位素	(117)
4.1.2	核裂变	(120)
4.1.3	裂变反应堆	(123)
§ 4.2	钚的生产	(124)
§ 4.3	实验研究用反应堆	(125)
§ 4.4	实验快中子反应堆	(126)
§ 4.5	动力用反应堆	(127)
	结束语	(129)
<b>第五章</b>	<b>核动力反应堆电站——核电站</b>	<b>(130)</b>
	引言	(130)
§ 5.1	各种能源方案的比较	(130)
§ 5.2	压水反应堆核电站	(133)
§ 5.3	沸水反应堆核电站	(140)
§ 5.4	重水慢化反应堆核电站	(146)
§ 5.5	高温气冷反应堆	(156)
§ 5.6	快中子增殖反应堆核电站	(158)
§ 5.7	先进轻水堆核电站	(163)
5.7.1	引言	(163)
5.7.2	先进沸水堆	(167)
5.7.3	先进压水堆 AP-600	(171)
§ 5.8	裂变热堆电站的铀资源危机	(176)
§ 5.9	聚变堆	(177)
§ 5.10	结束语	(182)
<b>第六章</b>	<b>世界核电发展状况</b>	<b>(184)</b>
	引言	(184)
§ 6.1	世界需要核电	(185)

§ 6.2	几个主要国家核电发展状况 .....	(189)
§ 6.3	日本 .....	(192)
6.3.1	日本核工业概况 .....	(192)
6.3.2	ABWR 在日本 .....	(202)
6.3.3	APWR 在日本 .....	(206)
§ 6.4	韩国核电 .....	(208)
6.4.1	韩国核电概况 .....	(208)
6.4.2	亚洲最大的核设备制造商 KHIC .....	(213)
<b>第七章</b>	<b>核燃料循环</b> .....	<b>(216)</b>
	引言 .....	(216)
§ 7.1	进入 21 世纪的核燃料循环 .....	(218)
§ 7.2	全世界天然铀生产和需求趋势 .....	(221)
§ 7.3	铀的浓缩 .....	(229)
7.3.1	铀浓缩技术 .....	(231)
7.3.2	分离功和经济分析 .....	(234)
7.3.3	世界铀浓缩工艺的前景 .....	(238)
§ 7.4	核燃料元件性能的更高目标 .....	(243)
§ 7.5	核燃料循环后端 .....	(247)
7.5.1	核电站的乏燃料管理 .....	(251)
7.5.2	研究堆的乏燃料管理 .....	(259)
7.5.3	化工后处理 .....	(261)
7.5.4	钚的管理 .....	(265)
7.5.5	放射性废物的处理和处置 .....	(267)
7.5.6	电力生产与废物管理 .....	(278)
<b>第八章</b>	<b>辐射防护与核安全</b> .....	<b>(282)</b>
	引言 .....	(282)
§ 8.1	辐射危害 .....	(284)
§ 8.2	辐射单位 .....	(286)
§ 8.3	辐射防护标准 .....	(288)
8.3.1	职业人员照射标准 .....	(288)
8.3.2	一般居民的标准 .....	(290)
8.3.3	空气和水中放射性核素的最高浓度 .....	(290)
8.3.4	辐射照射的途径 .....	(291)
§ 8.4	辐射的生物效应 .....	(292)
8.4.1	辐射的躯体效应 .....	(292)
8.4.2	辐射的遗传效应 .....	(294)
8.4.3	辐射本底 .....	(294)

8.4.4 来自核动力运行的辐射剂量 .....	(295)
8.4.5 生物后果的估计 .....	(296)
§ 8.5 放射性废物处理系统 .....	(296)
8.5.1 放射性源 .....	(296)
8.5.2 压水堆 (PWR) .....	(297)
8.5.3 沸水堆 (BWR) .....	(300)
8.5.4 燃料后处理厂的排放物 .....	(303)
§ 8.6 辐射监测 .....	(303)
结束语 .....	(304)
<b>第九章 中国核能发展的设想 .....</b>	<b>(306)</b>
引言 .....	(306)
§ 9.1 核电发展设想方案要点 .....	(307)
§ 9.2 快堆设想方案要点 .....	(347)
9.2.1 法国快堆 .....	(347)
9.2.2 俄罗斯继续建造快堆 .....	(349)
9.2.3 日本快堆 .....	(351)
9.2.4 中国快堆如何建设 .....	(352)
§ 9.3 中国核聚变研究 .....	(353)
§ 9.4 核技术应用 .....	(354)
<b>参考文献 .....</b>	<b>(361)</b>

# 第一章 中国需要发展核能

## § 1.1 简单历史回顾

1945年7月16日清晨，美国在新墨西哥州洛斯阿拉莫斯沙漠试验第一颗原子弹成功。8月6日日本当地时间早晨8点16分02秒在广岛市上空投下其能量相当1.25万吨TNT当量的原子弹，据说当时几乎立即夺去了至少66000人的生命，一座40万人口的城市化为灰烬。3天之后在长崎投下了另一枚原子弹。这是核能首次破坏性亮相。第二次世界大战结束。

1946年1月意识形态驱动的“冷战”开始出现，美国依仗手中垄断的核武器，曾经耀武扬威，不可一世。不少人谈虎色变，在霸权主义的核讹诈面前表现得软弱无力。国际注意力开始集中到利用和控制原子能。只有毛泽东在当时提出：“原子弹是美国反动派用来吓人的一只纸老虎，看样子可怕，实际上并不可怕。当然，原子弹是一件大规模屠杀的武器，但是，决定战争胜败的是人民，而不是一两件新式武器”。当历史进入冷战时期，继美国之后，1949年9月苏联进行首次核武器试验，标志着军备竞赛开始。1952年10月英国在西澳大利亚的蒙蒂贝洛第一次核武器试验成功。11月美国试验第一颗氢弹。1960年2月13日法国在非洲撒哈拉大沙漠赖加奈核武器试验成功，成为第4个宣布自己拥有核武器力量的国家。于是美苏两霸之间为夺取核优势展开了一场前所未有的核军备竞赛。核武器成为影响国际战略的重大因素，成为国际政治、外交、军事斗争的重要工具。

20世纪50年代初，中华人民共和国诞生不久，美国便从大洋彼岸伸了过来，妄图把这个新生命扼杀在摇篮之中。朝鲜战争爆发，美国将战火一直烧到中朝边境。中国人民奋起“抗美援朝，保家卫国”，把美军逐回到三八线以南。这就使美国总统杜鲁门一时乱了方寸，在玩弄停火阴谋的同时，乞灵于原子弹。1950年11月30日他在新闻记者招待会上说：“正如我们往常一样，我们将采取任何必要的步骤，以应付军事局势”。

“那是不是包括原子弹？”一位记者问。

“包括我们所有的各种武器。”杜鲁门回答。

“总统先生，你说‘我们所有的武器’，是不是正在积极考虑使用原子弹？”记者追问。

就是这样露骨的核威胁！

杜鲁门的核威胁，当时就遭到美国舆论界的广泛抨击。加拿大政府表示强烈反对。法国外交部发表声明谴责美国说：“不能用朝鲜战争的目的为使用原子弹辩解”。在伦敦，100名工党议员联名写信给首相艾德礼，抗议美国使用原子弹的可能性。12月4日，即杜鲁门总统在记者招待会上鼓吹对中国使用原子弹后的第4天，艾德礼首相飞往华盛顿，当面向杜鲁门总统表示异议。玩弄原子弹威胁的杜鲁门，陷入了全世界的抗议声中。

杜鲁门总统的继任者，美国第34届总统艾森豪威尔，1945年当杜鲁门决定对日本使用原子弹时，这位第二次世界大战时西欧盟国远征军最高统帅持不同意见。但是1953年春，艾森豪威尔登上总统宝座后，也对中国人民挥舞起原子弹。他在回忆录《白宫岁月》里这样写道：“为了避免使进攻付出高昂的代价，显然，我们将不得不在朝鲜战场使用原子武器”。

之后，在越南人民军大战法军的奠边府战役期间，台湾海峡形势紧张的时候，不顾世界各国人民的反对，美国的头面人物还不止一次地叫嚣要对中国使用原子弹。

美国的核讹诈、核威胁，无不遭到全世界各国政府和人民的反对。对此，毛泽东主席的答复坚定而明确，他说：“美国的原子讹诈，吓不倒中国人民。我国有6亿人口，有960万平方公里的土地，美国那点原子弹，消灭不了中国人”。

反对美国核讹诈、核威胁最好的办法，正像著名科学家约里奥-居里托人转告毛主席说的那样，你们要反对原子弹，你们就必须有自己的原子弹。这就是说，原子弹你有我也有，美国的核讹诈、核威胁政策就会失灵，中国的安全和世界和平就会更有保障。

面对这种种形势，毛泽东从核时代的特征，对原子弹与核战争的关系进行了辩证的分析，指出：“原子弹，你有了，我有了，可能谁也不用，这样核战争就打不起来，和平也就更有把握了”。为了打破超级大国的核讹诈和核垄断，防止核战争和保卫世界和平，中国必须拥有核武器。毛泽东主席指出：“原子弹就那么大的东西，没有那个东西，人家就说你不算数”。“在今天的世界上，我们要不受人家欺负，就不能没有这个东西”。

毛泽东主席高瞻远瞩，运筹帷幄，恰当地估计了当时我国的基本条件和争取外援的可能性，于1955年初毅然作出了建设中国原子能工业和研制原子弹的战略决策。在当时经济技术都很落后的中国实现这个战略目标，真可谓困难如山。

还要指出的是，中国发展原子能主要是靠精简军政费用节省下来的钱搞出来的。1956年毛泽东《论十大关系》中强调：“你对原子弹是真正想要、十分想要，还是几分想要，没有十分想呢？你是真正想要、十分想要，你就降低军政费用的比重，多搞经济建设。你不是真正想要、十分想要，你就还是按照老章程办事。这是战略方针问题”。接着采取一系列措施。到1960年军队减到200万，军费由每年50亿减至33亿，占国家预算支出的8.8%。

中国研制核武器是为了打破超级大国的核垄断，维护世界和平，保卫国家安全的目的。毛泽东主席早在中国刚刚开始研制核武器的时候，就明确指出：“原子弹要有，氢弹也要快，但不要多”。中国发展核武器始终坚持毛泽东的“必要而有限”的目标，不参加超级大国核军备竞赛。

说到核武器，首先要熟悉一下原子弹，它属于第一代核武器。制造原子弹，是利用核“爆炸”物质达到临界质量就能自发爆炸的这一性能特点。

取一些铀或钚，其中每一块都没有达到临界质量，所以不能爆炸。在规定要爆炸的瞬间，使这些铀（或钚）在原子弹内迅速接近，于是立刻产生爆炸。这就是原子弹的原理。不同种类的原子弹的结构的主要部分就是核燃料，围绕原子装料的中子反射层、普通炸药、信管和原子弹外壳及原子弹内的中子补助源。

世界上第一枚原子弹是1945年7月在美国的试验场爆炸的。试验以后，一枚原子弹投掷在日本广岛，系用铀-235制成；另一枚钚原子弹投在长崎。

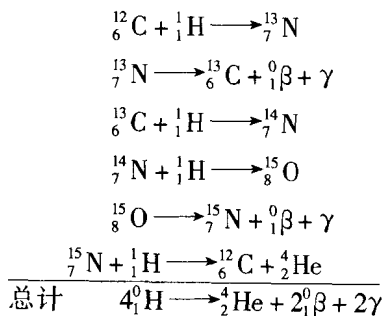
原子弹的爆炸能量通常用普通炸药三硝基甲苯（TNT）的爆炸能量作比较。TNT装料的重量，其爆炸能等于原子弹的爆炸能就称为原子弹的TNT当量。所以第一个原子弹的TNT当量就是2万吨。用它作为标准，用来比较不同威力的原子弹和热核弹的爆炸威力。随着核武器制造的不断改善，现在原子弹的TNT当量从几千吨到50万吨不等。

现代核武器可分原子武器和热核武器。

当原子弹爆炸时，形成超过1000万度的高温源，因此当原子弹周围装有轻核原子组成

的物质时，它们在原子弹爆炸的高温作用下开始热核反应，放出巨大能量，形成爆炸。这就是氢弹的原理。热核燃料（氘、氚、锂等）不同于铀和钚，它们没有临界质量。一公斤铀-235 或钚所含原子核全部分裂，将释放出超过 20 万亿卡的能。150 克左右的氢完全转变成氦时，也能释放出同样大的能量。很明显，由于氢弹的重量不受临界质量的限制，所以氢弹爆炸时释放的能量能比原子弹爆炸时释放的能量大数百倍乃至数千倍。当然这并不是意味着氢弹爆炸的破坏半径比原子弹爆炸的破坏半径也大数百倍或数千倍。事实上氢弹爆炸的破坏半径增长得并没有这样快。例如 TNT 当量为 1 000 万吨的氢弹爆炸时，其破坏半径将是 TNT 当量为 1 万吨的原子弹爆炸时冲击波破坏半径的十倍左右，而不是 1 000 倍。当设计氢弹时，尽量求得爆炸发展速度的提高，使比装料飞散速度为快，以便提高钚和热核燃料的利用系数。从爆炸开始到装在氢弹内的物质飞散之间，只有百万分之几秒的时间，所以要实现氢弹爆炸，必须选择合适的反应，它在原子弹爆炸产生的高温和密度条件下，反应的平均持续时间同样也不能大于百万分之几秒。

为了使人们对核能有较多的了解，这里说到热核反应时顺便说说太阳上的热核反应。虽然人人皆知太阳，但太阳既不是固体，也不是液体，而是气体，这一点可能远非人人皆知。太阳是个巨大的火球，它的一半由氢组成。氢是已知元素中最轻的元素，所以在任何温度下，运动的氢分子、氢原子或氢原子核具有最快的速度。太阳内部充满巨大的压力和无比的高温。这种高温达到 1 300 万度左右。而压力之大，大到甚至气体氢也被压缩成 7 倍于铅的密度。在这种条件下，太阳内部就产生氢原子核和其他元素相互作用的热核反应。例如太阳反应可能的循环之一是这样的（太阳内部核反应循环）：

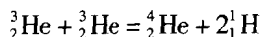
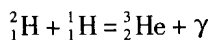
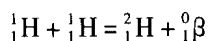


由上列循环看出在太阳内部，首先是一个氢原子核与碳-12 结合，反应结果获得氮-13，不稳定的氮-13 转变为碳-13 同时释放出 ${}_1^0\beta$  和  $\gamma$ ，随后碳-13 与 ${}_1^1\text{H}$  结合获得氮-14（这是普通的氮，是空气的主要成分）。氮-14 再与 ${}_1^1\text{H}$  结合生成氧-15，氧-15 是不稳定而能变成氮-15 同时放出 ${}_1^0\beta$  和  $\gamma$ ，氮-15 又与 ${}_1^1\text{H}$  反应获碳-12 和氮-4。

由此看出，反应循环的结果仍旧获得了循环开始时消耗的碳-12 的核。这就是说，反应循环的结果碳的数量并未改变。在反应循环过程中改变的是 4 个 ${}_1^1\text{H}$  逐渐地结合在一起而生成氦核并以快速  $2{}_1^0\beta$  和  $2\gamma$  的形式释放出大量的能量。所以 ${}_1^1\text{H}$  聚变为氦时释放的能量要比铀原子钚原子分裂时获得的能量大好几倍。

上述太阳反应循环中各个反应的持续时间是不同的。整个反应循环要数千万年。在太阳上这种反应过程是不断地进行的，即“某些原子核在参加反应循环的开始，另外一些原子核这时则已完成了反应循环等”。因此，太阳在不断地生成氦和释放能。

当然太阳也在进行另外的核转变循环，如：



这个反应循环使氢聚合成氦，同样释放大量的能。而且这一循环在保持太阳高温方面比碳-氧反应循环起更大的作用。

太阳释放出来的能量，以射线能的形式向四面八方传布于宇宙空间。太阳放射出来的能量只有很小的一份落在地球上，主要是使其表面加热。当太阳能进入植物叶中时，主要是从碳酸气和水生成植物的机体。有些动物仅靠植物饲料为生，而植物是在太阳参加下长成的。许多动物和人是以前植物和动物为食料，因此如果没有太阳能，地球上所有生物就没有食料的最初起源。太阳能是地球上的生命起源之一，依靠太阳能，地球上才有各种形态的生命存在。太阳不仅是生命的起源，同时几乎也是地球上所有各种能的源泉。木、泥炭、煤、石油等无不都是在太阳能参加之下形成的。

太阳射线在一年中给地球送来的能量，比核燃料（铀、钍）和化学燃料等全部地球资源所能提供的能量要大得多。人类、动植物仅只利用了落到地球上的太阳能的很小的一部分。

太阳射线带走了太阳的一部分质量。太阳在每秒钟总共要失去 400 万吨质量。但太阳实在太大，在数十亿年的时间内，太阳的氢只有约 2% ~ 3% 变成氦。所以太阳上核燃料的储存量实际上是取之不尽的。

1964 年 10 月 16 日 15 时，中国西部地区罗布泊上空突然出现强烈的闪电、巨大的火球、惊天动地的爆炸声响、高高升起的蘑菇状烟云构成了一幅无比壮丽的景象。中国的第一颗原子弹爆炸试验成功了。中国成为世界第 5 个试验核武器的国家。

原子弹爆炸试验的成功，给赫鲁晓夫毁约停援，污蔑咒骂中国人是一堆肉，几个人穿一条裤子，喝大锅清水汤，原子弹 20 年也搞不出来一记响亮的耳光。

帝国主义列强百余年来欺压中国，侵占河山、掠夺财富，奸淫烧杀，无恶不作。新中国成立后，他们搞政治孤立，经济封锁，军事包围，并不时挥舞原子弹威胁、讹诈。现在，中国也掌握了原子弹，有了捍卫主权、独立、和平的新武器。

原子弹的爆炸试验成功，标志着中国掌握了核科学技术，建立起了一个核工业高技术产业。从这个基础出发，我们开始夺取氢弹、核潜艇和新的核武器研制的更大的胜利。从这个基础出发，我们可以设计建造自己的核电站，把核技术进一步应用到工业、农业、医疗卫生等国计民生的各个领域中去。核工业建设、核武器研制成果将为国家的富强、人民的幸福带来美好的前景。

1964 年 10 月 16 日这个日子，正像著名物理学家、诺贝尔奖获得者杨振宁教授称赞的“是中华民族五千年历史上重要的日子，是中华民族完全摆脱任人宰割时代的新生日子”！它是一座丰碑，永垂青史，永放光芒。

我国第一颗原子弹爆炸试验成功，震撼了东方，也震撼了全世界。

新华社发表《新闻公报》指出：“中国进行核试验，发展核武器，是被迫而为的”。“中国政府一贯主张全面禁止和彻底销毁核武器。如果这个主张能够实现，中国本来用不着发展核武器”。“中国政府郑重宣布，中国在任何时候任何情况下，都不会首先使用核武器”。



中国宣布首次核试验成功之后不到三小时，美国总统约翰逊便发表声明，对中国这项沉重打击了超级大国核垄断和核讹诈政策的重大成就大肆诋毁，把它说成“是一个悲剧”，又说什么“粗糙拙劣的装置”，“不应过高估计这次爆炸的军事意义”，“自由世界的核力量仍然大得多”如此等等。

到了18日晚间，约翰逊向全国发表电视演说，无奈地承认“这次爆炸仍然是一个事实——一个可悲而严重的事实”，惊呼美国“不应该对这件事等闲视之”。

美国国务卿腊斯克18日的电视谈话说，不要过分低估中国人的能力；他承认中国发展成为一个核国家这一事实无疑将提高中国的国际威望。

法国宣传部长佩雷菲特说，中国爆炸原子弹“是一件重要事情，虽然这是可以预见到的”。他还说：中国拥有核能力“有使世界力量对比发生某种程度的变化之势，人们必须注意这一事实，拥有核武器的五国正是签署建立联合国的旧金山宪章的五国”。他说的旧金山宪章可能就是指在1945年6月26日在旧金山签署的《联合国宪章》。

德意志联邦共和国《法兰克福评论报》认为，我国核试验引起了世界“深刻的变化”，如果人们忽视中国原子弹的政治爆炸力，就是把头埋在沙里。这家报纸预言中国会在短短的历史时期内成为军事上的原子强国。

日本《朝日新闻》说我国核爆炸试验成功产生的影响：(1)拥有核武器的国家无法完全忽视中国关于举行各国首脑会议的建议；(2)增强了中国国防力量的基础；(3)非洲新兴国家可能朝有利于中国的方向发展；(4)可能使西方改变对“两个中国”的认识；(5)恢复中国联合国席位问题将会突出地表现出来。

亚洲、非洲、拉丁美洲的广大第三世界国家的反应是一片热烈祝贺。

确实，首次核试验成功，不仅标志着中国的国防科技获得了新的发展，国防力量有了显著增强，大长了中国人的志气，而且鼓舞了发展中国家的人民，打破了超级大国的核垄断，提高了中国的国际地位。

首次核试验成功后，西方国家科技界对我国原子弹的科学技术水平作了较高的评价。

美国 Inglis 在1965年2月出版的《原子科学家公报》上撰文说：美国原子能委员会对于中国采用了先进的引爆技术即内爆法感到惊讶。他认为中国的第一颗氢弹完全可能比其他国家更快地制成。

英国《卫报》说，中国已非常接近于生产氢弹。中国的核武器技术接近氢弹的程度比西方迄今承认的要大得多。中国不仅在得到核武器方面比通常所用的时间减少了一半，因为他们现在已经接近于生产氢弹，而且它也可以立即集中力量来生产核弹头和发射弹头的导弹……，西方认为它要成为一个原子弹国家至少要过四五年的估计，需要赶快予以修正。中国可能在1966年底以前就通过爆炸而进入核俱乐部。

(1967年6月17日8时20分中国的第一颗氢弹在中国的西部地区上空爆炸成功。)

西方国家还很重视第一颗原子弹爆炸成功是铀弹这一事实。日本外务省人员说：最初，据传中国核试验是使用钚裂变元素，外务省也曾认为它在军事上的意义是小的。然而，第一颗原子弹是使用铀-235裂变元素这一事实，表明中国的科学水平是相当高的。因此越来越多的人认为，中国发展核武器工作的进展，也比起初预料的更为迅速。为此，日本外务省就有关对中国核试验的估价，特别是对亚洲各国的影响问题，开始重新进行研究。

《朝日新闻》评美国原子能委员会分析我国爆炸的是一颗铀弹时说：这比中国成功地爆