

铀之战 Uranium Wars

开启核时代的科学博弈

The Scientific Rivalry That Created The Nuclear Age

【美】阿米尔·D. 阿克塞尔 著
孙 扬 杨迎春 译



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

铀之战

开启核时代的科学博弈

Uranium Wars

The Scientific Rivalry That Created The Nuclear Age

【美】阿米尔·D. 阿克塞尔 (Amir D. Aczel) 著

孙 扬 杨迎春 译



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书讲述了一个与能源、经济和国家安全等密切相关的、天然存在的最重的元素“铀”的科学故事。书中追溯了一大批伟大科学家如费米、迈特纳、海森堡、哈恩、居里夫妇和女儿、玻尔等的科学探密之路,讲述了那些为铀而战的科学家们艰苦的奋斗、面对的挑战、取得的胜利以及发生在他们之间的科学博弈。正是他们开创性的研究导致了原子核裂变和链式反应的发现,这是核能发电和核武器应用的两个基本要素。然而,科学家的成果被政治所利用,导致了广岛和长崎的原子弹爆炸,产生了其后40多年的冷战历史以及我们现在所处的核时代——一个既要面对核武器扩散和核力量扩张,又必须利用核能应对全球变暖的极具挑战的时代。

图书在版编目(CIP)数据

铀之战:开启核时代的科学博弈/(美)阿米尔·
D.阿克塞尔著;孙扬,杨迎春译. —上海:上海交通
大学出版社,2018
ISBN 978-7-313-18759-8

I. ①铀… II. ①阿… ②孙… ③杨… III. ①核燃料
—铀—普及读物 IV. ①TL211-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第005114号

URANIUM WARS: The Scientific Rivalry that Created the Nuclear Age
Text Copyright © 2009 by Amir D. Aczel
Published by arrangement with St. Martin's Press. All rights reserved.
上海市版权局著作权合同登记号:图字:09-2017-592

铀之战——开启核时代的科学博弈

著者:[美]阿米尔·D.阿克塞尔

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

出版人:谈毅

印制:苏州市越洋印刷有限公司

开本:880 mm × 1230 mm 1/32

字数:154千字

版次:2018年3月第1版

书号:ISBN 978-7-313-18759-8/TL

定价:48.00元

译者:孙扬 杨迎春

地址:上海市番禺路951号

电话:021-64071208

经销:全国新华书店

印张:7.25

印次:2018年3月第1次印刷

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0512-68180638

前言

人们在新闻报道里经常听到核问题的讨论，诸如国际社会对伊朗核计划的反应、巴基斯坦的核武器等。与此同时，政治家和科学家们在构思人类的未来：核反应堆星罗棋布，其产生的能量可以使人类摆脱对化学燃料的依赖。事实上，核能确实可以帮助人类应对全球变暖，因为核能不会有碳排放到大气层。然而，核废料的污染以及像 1986 年苏联切尔诺贝利的重大核事故，又使人们对使用这种无碳能源充满了忧虑与恐惧。

尽管类似的新闻报道铺天盖地，但很少有人能够真正理解这些信息。伊朗核中心的 9 000 台离心机夜以继日地运行，究竟是在做什么？什么是铀提纯？这些机器怎么生产纯铀？究竟是什么力量蕴藏在这些全世界许多地方都能找得到、看起来很不起眼的铀元素里，而这种元素为什么能供给原子弹如此巨大的破坏力？

大多数人都知道二战结束时那两颗摧毁广岛和长崎的原子弹，很多人也知道制造原子弹的工程称为曼哈顿计划。但是很少有人知道这背后的完整故事：铀是如何被发现，人们又是怎样了解了它的性能以及各国科学家们在铀的研究这个问题上曾有过怎样的博弈。很少有人知道铀原子会经历不寻常的裂变，

即铀原子受到一个微小的亚原子粒子撞击后将一分为二。

科学家们想争先弄懂其中的过程。他们先是发现原子核裂变所释放的能量正是阿尔伯特·爱因斯坦的著名公式 $E=mc^2$ 所预言的能量。随后，一个更有意思的设想产生了，并且很快人们就把它变成了现实，这就是链式反应。当有大量的铀原子通过这种连锁反应而产生裂变时，就是核爆炸。如果链式反应能得到一定的控制而使得裂变反应平稳进行，铀裂变就可以用于民用核电站来产生能量。

当今世界发展处于风云变幻中，因此关于能源、经济和国家安全的政策都在某种程度上依赖于人们对铀的性能和利用的透彻理解。因此，铀的故事非常重要。

人们关于核过程、原子弹和核能的所有知识均源于第二次世界大战。那些逃离了纳粹铁蹄的科学家们首先在美国造出了原子弹，走在了第三帝国^①同行的前面。核能像一把双刃剑：它一方面能为我们的和平家园提供能量，但同时伊朗和朝鲜又把发展核武器作为一种藐视和挑战国际社会的手段。

核武器造成的破坏是战后的遗留问题，而在二战前原子核对科学家们来说则是一个谜，它的成功探究不愧为一个科学奇迹。本书勾画了那些带给我们有关原子弹知识的科学家们的工作和生活，评价他们承担的责任，探讨了他们的成就和未能阻止在日本投掷原子弹从而夺去成千上万条生命的失败。其实这也是一个国家的决策层和科学界之间的角逐。所有这些都是我

^① 第三帝国即 1933—1945 年希特勒和纳粹党统治下的纳粹德国。1945 年 5 月纳粹德国战败，第二次世界大战欧洲战场宣告结束，第三帝国亦不复存在——译者注。

热心探讨的问题，这些问题让我着迷又困惑了一生。

20 世纪 70 年代我在加州大学伯克利分校学习数学和物理时，曾经在放射性元素的相关实验室工作，实验中用到的技术就是由我将要讲述的一些科学家们所开发的。在我的物理学习生涯中，我有幸遇到了一位在近代物理和原子核物理中扮演了重要角色的人：德国物理学家和量子先驱海森堡。那次会面对我影响很大，作为一个年轻学生，我深深地敬佩海森堡的才华和他对量子力学的理解。

尽管海森堡从不谈论他在战争期间为德国开发过原子弹，我知道这位风度翩翩者有他刻意隐藏的一面。20 多年后也就是 20 世纪 90 年代，有证据显示海森堡在纳粹的原子弹计划里起过至关重要的作用。这使我看到了做科学的艰辛和其中的危险，科学家有时会受到政客们的操纵而不得不俯首听命。

还有许多科学家也在发展核能和核武器中起过关键作用。他们中有些人很清楚自己在做什么，而对政府把自己的研发成果拿去做什么用则毫无兴趣。还有一些人或许更幼稚，竟然相信他们在政治决策中有权发声。本书讲述的是一个复杂又神奇的故事，关于科学家破解自然界秘密的科学博弈，他们的发现如何被用于史上最庞大的武器研究——曼哈顿计划，最终给人类带来了原子弹。

本书追溯了那些关键人物的科学探秘之路，正是他们开创性的研究导致了裂变和链式反应的发现，这是核能发电和制造核武器的两个基本要素。这些科学家包括莉泽·迈特纳这位终身为反抗性别歧视和反犹太主义而斗争的奥地利女物理学家，她是第一位解释裂变过程的科学家。故事还包括 20 世纪一位

多才的物理学家、意大利人恩里科·费米的开创性实验。费米原以为在实验中看到了超铀元素，而事实上他的关于放射性和原子本质方面的发现更加重要，这直接导致了他后来在芝加哥大学足球场附近原子核链式反应的实现。本书还将介绍卓越的丹麦物理学家尼尔斯·玻尔。玻尔本人关于铀裂变的工作至关重要，他还影响了几乎所有涉及这项研究的科学家们的生涯。本书描述了那些为铀而战的科学家们艰苦的奋斗、面对的挑战、取得的胜利以及他们之间的博弈。这种集体的贡献导致了广岛和长崎的原子弹爆炸，产生了后来的冷战历史以及我们现在所处的核时代——一个既要面对核武器扩散和核力量扩张，又需要利用核能应对全球变暖的极具挑战的时代。

主要人物

恩里科·费米：意大利物理学家，诺贝尔奖获得者，移民到美国的世界著名中子辐射专家，于1942年在芝加哥大学首次实现了裂变链式反应。

维尔纳·海森堡：德国物理学家，量子先驱，一位参与纳粹原子弹项目的诺贝尔奖获得者。

莉泽·迈特纳：移居瑞典的奥地利犹太物理学家，确立了裂变理论，在物理方面做出了开创性工作。

奥托·哈恩：德国化学家，迈特纳的合作者，留在德国的另一位诺贝尔奖获得者，或许曾暗中反对希特勒。

伊蕾娜·约里奥-居里：皮埃尔和玛丽·居里的长女，在铀研究方面有关键性的贡献，诺贝尔奖获得者，也是迈特纳和哈恩强大的竞争对手。

尼尔斯·玻尔：丹麦物理学家，诺贝尔奖获得者，提出了原子模型，开展了裂变的理论研究。许多科学家和他的哥本哈根研究所有联系。

次要人物

安东尼·贝可勒尔：法国物理学家，发现了铀辐射现象，与居里夫妇分享了诺贝尔奖。

詹姆斯·查德威克：英国物理学家，诺贝尔奖获得者，中子的发现者。

玛丽·居里：波兰、法国的物理学家、放射性专家，发现了钋和镭，在不同领域中两次荣获诺贝尔奖。

皮埃尔·居里：玛丽的丈夫和同事，和玛丽共享了她的第一个诺贝尔奖。

阿尔伯特·爱因斯坦：他的著名公式 $E=mc^2$ 使这一切成为可能。

奥托·弗里西：莉泽·迈特纳的侄子，物理学家，帮助他的姑妈推导了裂变理论，后来参与了曼哈顿计划。

弗雷德里克·约里奥：伊蕾娜·居里的丈夫和同事，与他的妻子共获诺贝尔奖。

马丁·克拉普罗特：德国化学家，铀元素的发现者。

保罗·郎之万：法国物理学家，玛丽·居里的同事，也是挚友。

艾托里·马约拉纳：意大利物理学家，恩里科·费米的同事，在这场原子弹竞赛之前的 1938 年神秘失踪。

尤金·皮里哥：法国化学家，为铀提纯作出了贡献。

威廉·伦琴：德国物理学家，X 射线的发现者，因此获诺贝尔奖。

欧内斯特·卢瑟福：新西兰出生的英国物理学家，诺贝尔奖获得者，利用铀的放射性首先发现了原子核，他的实验室里培养出了第一代核科学家。

利奥·西拉德：匈牙利出生的美国物理学家，认识到铀可以引起连锁反应，反对核武器扩散的活动家。

约翰·惠勒：美国物理学家，核裂变的共同发现者。

其他人物

这本书讲述的是科学史上的一个最叹为观止的故事。它跨越了许多年，涉及许多人的工作。谁应该成为这个故事的主要人物是件棘手的事，其中难免有个人情感。有些人物也许在 20 世纪的物理学中扮演着重要的角色，虽然他们会出现在故事里，但他们并没有在上面列出来。还有一些人书中没有提到，这些人的工作以及对故事发展的影响可能同样重要，没有列出的原因是他们不属于我想要讲述的故事主旨。例如，由于要保持故事的主线简洁和侧重点，我删除了许多曼哈顿计划（铀的故事的最高潮）的参加者。这个项目涉及大量人物，为了故事的清晰性，我只能选择其中一些相关人物。如爱德华·泰勒和约翰·冯·诺伊曼在美国原子弹发展方面发挥了关键作用，但他们的工作并不是我的主题；因此，即使他们很重要，泰勒和冯·诺伊曼也只是简单地提及。

上面的人物名单只包括科学家。然而，故事也涉及其他人物的工作，其中有政治家、军人和外交官，罗列如下。

莱斯利·格罗夫斯将军：曼哈顿计划的军事总指挥。

富兰克林·德拉诺·罗斯福：美国总统，第二次世界大战结束前的 1945 年 4 月 12 日逝世于办公室。

亨利·史汀生：杜鲁门政府的战争部长。

哈里·杜鲁门：美国总统，曾任罗斯福的副总统，在罗斯福逝世后就任美国总统。

原子术语

物质 物质是日常生活中在地球上看到的所有东西，在我们的环境周围或空间中的所有固体、气体和液体。宇宙中的物质是由分子组成的，分子是连在一起的原子集团（如水，是由两个氢原子和一个氧原子通过化学键连在一起的），或单原子（如氦气，由许多单个氦原子组成）。宇宙中还存在着一种不能解释的物质——人们知道它们的存在，但无法观察到，这就是“暗物质”——到目前为止，人们对暗物质一无所知。

原子 原子是本书故事中最大的粒子（因为我们通常不涉及化学领域的分子），它的大小比肉眼可见的最小物质还要小很多。它有一个被电子包围着的核。

原子核 原子核是原子的核心——位于相比之下大得多的原子的中心，是体积非常小但非常重的核心。

质子 质子是一种带正电的粒子。

中子 中子是一种中性粒子，很像质子却没有电荷。质子和中子都称为核子，因为它们处于原子核内。

电子 电子是一种微小的、带负电的粒子。

阿尔法粒子（ α 粒子） α 粒子实际上由四部分组成：两个质子和两个中子。它就是一个氦核（指的是一个没有电子

的氦原子)。α 粒子从原子核里以很快的速度飞出，这是一种放射性。

贝塔粒子 (β 粒子) β 粒子是从原子核里放射出来的电子，而不是来自原子的电子轨道上 (即不是围绕着原子核旋转) 的电子。β 粒子以很快的速度从原子核里飞出——这也是一种放射性。

伽马射线 (γ 射线) γ 射线是第三种放射性物质，是一种无质量但能量很高的电磁波。

中微子 中微子非常非常之小，可也有质量。它几乎与物质没有任何相互作用。

反中微子 反中微子是和中微子性质相仿的一种粒子。

正电子 正电子和电子是一对电性相反的孪生兄弟；它带一个正电荷。

反质子 反质子和质子是一对电性相反的孪生兄弟；它带一个负电荷。

目 录

引言 那刺眼的闪光	001
1 物理和铀	006
2 探秘原子核之路	016
3 莉泽·迈特纳	031
4 迈特纳和哈恩的发现	041
5 恩里科·费米	055
6 罗马实验	070
7 多事的 1938 年	080
8 1938 年圣诞	087
9 海森堡其人	098
10 链式反应	108
11 纳粹核计划	117
12 哥本哈根	129
13 成功的那一刻	139
14 制造原子弹	148
15 投放原子弹的决策	167
16 来自间谍行动的证据	182
17 冷战	192
18 铀的未来	201
索引	214



引言

那刺眼的闪光

1945年8月6日，一个晴朗炎热的夏日。上午8点15分，日本西南部富饶的太古川三角洲城市广岛的高空中有敌机出现，警报立即响彻整个城市。紧接着刺眼的闪光出现了，就是那个后来常被描述为巨大螺栓的闪光。一些幸存者说他们看到了一串闪光，接着是爆炸声和伴随着强烈火焰的冲击波。几分钟之内，大火蔓延整个城市，广岛处处都是烧焦的肉体、燃烧的金属和木头。

罪魁祸首就是原子弹，这枚原子弹投向了35万名毫无防备的城市平民。美军战机艾诺拉·盖运载着用铀-235这种稀有元素制造的原子弹，投向广岛市中心，而铀-235就是在曼哈顿计划秘密实施的这两年多时间里提纯出来的。国家最先进的战略轰炸机承担了这一使命，当时有15架类似的飞机可以携带原子弹，待命执行这次或后续任务。

1945年8月6日凌晨，其他两架B-29轰炸机伴随这架艾诺拉·盖飞机从位于马里亚纳群岛的提尼安岛美国大型空军基地起飞。其中一架B-29的任务是拍摄爆炸照片。经过大约6个小时的飞行后，它们于上午8点15分到达了广岛上空

32 000 英尺^①的地方。当艾诺拉·盖飞机位于市中心时，指挥官一声令下，这枚代号为“小男孩”的原子弹被扔了下来。

飞机迅速扭转方向扬长而去以避免受到核辐射。“小男孩”在空中跌落了将近 1 分钟。当下落到 1 900 英尺的高度时，按照设计，一个小型常规炸弹被引爆，将原子弹内的一块铀-235 和另一块汇合。这个过程使得铀的总量超过了产生裂变所需要的最小值。这时参与连锁反应的无数个原子核在瞬间都被一分为二，微小的质量因而转换成巨大的能量，引起了可怕的爆炸。爆炸摧毁了整个城市，也开启了我们今天生存的核时代。

距爆炸中心 1 英里^②范围内的人完全消失了。由于强辐射，有一个人在断壁残墙上留下了他的身影。爆炸半径 1 英里内的所有建筑物都被炸得粉碎。

西本节子回忆了当时的情况。她当时住在距离城市几英里以外的一个村庄。她的丈夫那天本不想出去工作，后来很勉强地和老乡一起乘牛车去广岛拆除一座老楼。

“当时我正在家里上厕所，”节子回忆道，“开始我还以为是闪电，接着砰的一声巨响，屋里顿时变得伸手不见五指。推拉门和屏风都倒了，巨大的风力甚至吹倒了墙。我朝广岛方向看去，只见一朵黑云升起。”

节子看到广岛周围都是大火，似乎整个城市都在燃烧。她为她的丈夫担心，不过还没有领悟到事态的严重性，猜想她的丈夫应该是被叫去参加救火了。下午有人从广播喇叭里听到：

① 1 英尺 $\approx$ 0.304 8 米；

② 1 英里 $\approx$ 1 609 米——译者注。

“广岛已被彻底摧毁。”爆炸的幸存者在夜间被疏散到一个工厂接受医务人员的治疗。

节子去找她的丈夫。她后来回忆道：“在人山人海中看到了一片狼藉。”大部分人衣服被撕裂，尸体被烧焦，脸肿得看不到眼睛，手和脚由于燃烧和辐射变得肿胀恐怖。一位女士描述她所看见的被严重烧伤的一个人：“他的皮看起来像层玻璃纸。”

节子没有找到丈夫，那个时候即使能够找到自己的亲人，结局也只能是悲剧。没有人能躲过辐射效应。一周后，节子发了高烧，她的头发开始一碰即掉。与许多当时没有在爆炸中心的人一样，节子暂时躲过了一死，但是躲不过严重的辐射病。那些幸存下来的人均在极度痛苦之中度过残年。

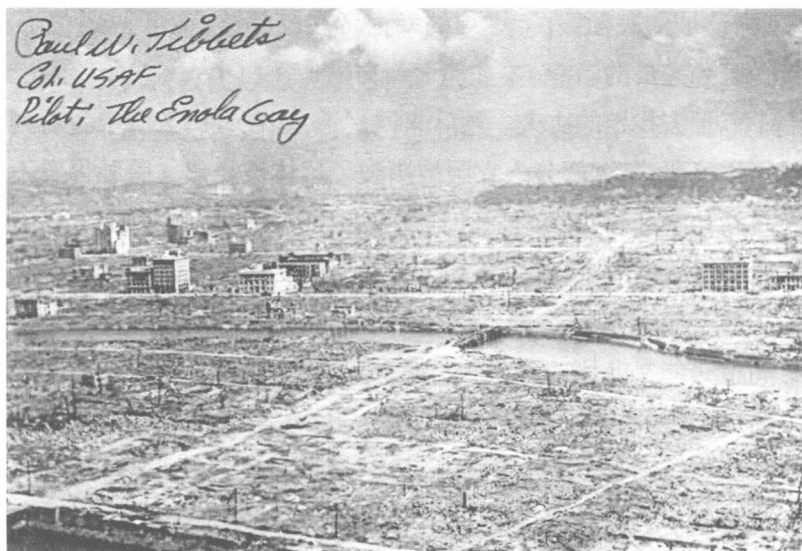
据估计广岛大约有 15 万人被烧死，还有至少 10 万人死于辐射。

在广岛爆炸 3 天后，美国在日本长崎投下了第二颗原子弹，代号为“胖子”。胖子带有一个钚芯，比第一颗原子弹还大。第二次攻击导致 7.5 万人丧生，在随后几年里有更多的人死于辐射疾病和癌症。

在广岛和长崎，癌症发病率被证明与这两个城市的居民所受的总辐射直接相关，发病率在最接近爆炸中心的群体中急剧上升。日本作家大江健三郎说，幸存的原子弹受害者“伴随可怕的记忆活着，带着疾病在等死”。

广岛和长崎向世人展示了一种科学导致的毁灭——一个用飞机或导弹运载的装置足以摧毁整个城市。它完全不同于当时的传统化学炸弹，这种武器诞生于一次科学的飞跃。

是什么造成了这种可怕的结果？在摧毁这两座日本城市



原子弹打击后的广岛（图片源自网络《维基百科》）

之前究竟发生了什么？科学在其中起了什么作用？那些色彩绚丽的远古铀矿石在沉睡了许多世纪后，又如何变成一个产生巨大杀伤力的元凶？究竟是什么导致其转变成一种不可控制的爆发？

我们见过很多其他关于原子弹的书，也有一些书专门探讨投放原子弹的战略决策。而本书与那些书不一样，本书的目的是向读者讲述这背后的科学故事。此外，大多数关于原子武器的书是在苏联核威慑的年代从冷战的角度来写的。谁的原子弹大，从逻辑上就可能吓倒对方。而现在冷战已经结束了，我们完全可以从另一个不同的角度来思考：核能不再作为一个破坏性武器，而是作为一种能量资源。如果有一天安全问题解决了，核可以满足我们不断增长的工业、商业以及住宅对能源