

# 划时代的伟大发现

## ——纪念裂变现象发现五十周年

侯明东

1938年12月发现了原子核的裂变现象,至今已整整五十年了。裂变的发现在科学史上是一件极其重大的事件,它给人类的历史和科学技术的进程带来了巨大的影响,并由此开始了一个新的能源时代。本文将回顾裂变发现的历史经过,并评述这一发现半个世纪给世界所带来的深远影响。

### 裂变现象发现的经过

裂变的发现不是一次完成的,是在先前许多科学家几度濒临发现的边缘之后,才呈现在它的发现者的面前。可以说,1919年卢瑟福第一次人工核反应的实现,是核裂变现象发现的第一块基石,因为这是一个开创性的研究,从此以后人们开始了用一个粒子作为炮弹轰击原子核的一系列的研究。1932年查德威克发现中子是核裂变现象发现必不可少的条件,它给人们提供一种新的炮弹,最先发现的核裂变就是由中子轰击所引起的。1934年约里奥·居里夫妇用 $\alpha$ 粒子轰击较轻的元素成功地发现了人工放射性,但由于 $\alpha$ 粒子受到核电荷的排斥,对于重的元素则不起作用。正是这一挫折启发人们从另一条途径上取得了成功。

意大利物理学家费米用中子做为炮弹所进行的一系列的研究工作为裂变的发现奠定了基础。特别重要的是他们在中子轰击钡的实验中,如果在轰击之前先让中子在含氢多的水或石蜡中慢化,减低中子的速度,则中子引起核反应的能力可以上百倍地提高。这个发现对于以后核反应的研究,特别是核能的释放起了极其重大的作用。由于中子不带电不受核电荷的排斥,所以使最重的元素也能产生核反应。他们在短短的几个月内就制备了37种不同元素的放射性同位素。被轰击的原子核俘获一个中子后,处在不稳定状

为空间观测和地面观测。

1. 宇宙线初级带电成份及其有关同位素的观测和研究:

一些轻核的同位素如 $^{10}\text{Be}$ ,  $^{11}\text{C}$ ,  $^{10}\text{Al}$ 等,反质子和正电子均被认为宇宙线在宇宙空间产生的“次级粒子”,这些粒子能谱的进一步测量并大大的增加其统计

态,总要通过 $\gamma$ 跃迁和 $\beta$ 衰变而成为比先前原子序数更高的周期表中下一位的元素。这个过程对于所有重核似乎是一个规律,即生成物总是在原来靶核的附近。因而费米产生一个想法,试图用中子轰击周期表中最后一个元素铀,以期获得原子序数大于92的超铀元素。实验的结果是出人意料的,测量表明有十个半衰期不同的各种放射性核被产生,并且其中13分钟和90分钟两个引人注目的半衰期不属于原子序数在86到92之间的元素。他们误认为这就是93号元素,称之为“铀x”。虽然这一结论当时就受到化学家的批评,费米本人也产生过疑虑,但受他化学分离技术的限制没有能给予正确的解释。

因为实验中所出现的困惑难解的现象,因此中子打铀的反应在1936—1938年中在许多实验室受到了特别详细的研究。1938年约里奥·居里夫妇和萨维奇在中子轰击铀时发现,原来设想应是镭( $Z=89$ )的同位素竟是一种化学上与镭( $Z=57$ )很相似的产物,但是他们无法解释为什么会从铀中产生镭,两者质量数相差了100个质量单位。

哈恩和斯特拉斯曼复核了上述实验,对产物进行了艰巨的化学分析,不仅证实了确有镭的存在,还惊奇的发现,原来设想应当是镭的产物却是质量相差很远的钡的同位素。化学方面的工作,做得十分精细,令人无可置疑。为了慎重,哈恩在发表论文之前写信把实验结果和存在的疑难全部告诉了曾与他合作达三十年之久而刚到瑞典避难的奥地利女物理学家迈特纳。迈特纳和她的侄子弗里施深信哈恩的实验技术,他们从原子核的液滴模型出发大胆地提出了一个新的反应机制:铀原子核俘获中子后,可能分裂成大致相等的两个原子核,钡与镭等元素正是铀核分裂的产物,并且从

精确度,将对宇宙线在空间传播和宇宙模型有很大的帮助。超重元素核事例进一步大量聚集,有助于宇宙元素形成机制的研究。为此,美国在九十年代宇宙线物理的建议中,把发展空间站的大型超导磁谱仪放在首位;另外美国还赞成发展空间重核收集器,这是一个很大面积(100平方米)的塑料径迹探测器,它将在空

反应前后的质量亏损推算出反应必然会产生巨大的能量。不久弗里施就用电离室观察到了裂变碎片所产生的巨大的电离脉冲，从实验上证实了关于能量释放的结论。1939年1月16日他们把这篇重要的论文连同弗里施实验的论文一起寄给了英国《自然》杂志。

事先获得这一消息的波尔在美国参加国际理论物理学会时无意中泄露了迈特纳的解释，立刻引起了与会物理学家的兴趣，以致于迈特纳的论文还没有正式刊出就有许多实验室用不同的方法证实了这一现象，使得波尔不得不在很多场合为发现裂变的荣誉之争做出解释。后来哈恩因裂变的发现而获得了诺贝尔奖金，不公平的是迈特纳却始终没有得到这样的荣誉，而把“核裂变”这一术语第一次奉献给人类的，正是这位在科学上留下巨大足迹的女性。

### 裂变发现的深远影响

裂变现象发现之后，它巨大的政治的、经济的以及科学的意义马上吸引了大批的科学家，几乎全世界的实验室都在进行这方面的研究，研究的步伐是如此之快，以致所造成的奇迹远远超出了卢瑟福、爱因斯坦、波尔等当时有名的大科学家在几年前的预测。可以说裂变发现之初，它的基本应用和根本问题就清楚地显现了——原子动力、原子武器以及人类对获得这种来自原子内部的非凡自然力的喜悦与惊惧一起带给了人类。

### 原子弹的制造

裂变给人类所带来的首先是原子弹的灾难。人们刚刚得知核分裂能释放出巨大的能量就用于伤害人类，这真是一幕悲剧。1941年12月美国总统罗斯福批准了耗资20亿美元、二十万人包括许多著名的诺贝尔奖金获得者参加的研制原子弹的庞大的“曼哈顿工程计划”。在很短的时间就解决了反应堆的建造、核燃料的制备、 $^{235}\text{U}$  的分离、原子弹的弹体设计等一系列复杂的问题，从核裂变发现到第一颗原子弹的爆炸仅仅经过了六年。投于广岛和长崎的两颗原子弹不仅使二十万无辜人民的伤亡，而且这种残忍的破坏力给全世界人民留下了不可磨灭的印象，这至今仍成为和平利用原子能的心理障碍。更不幸的是，核武器的研制从那时起一直延续到现在。氢弹和中子弹已相继问世。目前全世界战略和非战略核武器弹头总数达5万多

回飞行2年以上，可得到相当数量的铀系元素核。

$10^{14}\text{eV}$  能区的宇宙线成份的测量可利用大面积气球载乳胶室来进行，长时间飞行是主要关键。 $10^{14}\text{eV}$  能量以上，由于宇宙线粒子流强极弱，只能利用设在地球表面不同高度的广延大气簇射阵列进行间接测量。虽然这些测量难度很大，但是其学科意义是十分重要的。

件，总当量为150亿吨。这些核武器主要为美国和苏联所占有，英国、法国和中国三国的总核弹头数不足3%。

### 核能的利用

二次大战之后，美、苏、英、法等因相继发展了军用核动力反应堆，主要用于核潜艇、核动力航空母舰和破冰船。在此基础上逐渐开始了工业规模获得电能的工艺研究。1954年6月苏联建成世界第一座原子能发电站，其发电容量为5MW。1956年5月英国卡德霍尔核电站投入运行，这座气冷反应堆以360MW的热动力提供78MW的电力。1956年美国建成希平港1号压水堆核电站，发电容量为60MW。核电有许多优点，燃料消耗量少，运输方便，尤其是在煤缺乏及偏僻的地区更为重要。三十多年原子能发电发展的很快，核电站趋于普及。至1987年底止，全世界已有轻水堆（压水堆和沸水堆）、重水堆、石墨气冷堆以及快中子增殖堆等各种堆型417座核电站在运行，分布在26个国家和地区，生产的电力占全世界发电量的16%。13个国家和地区的核电占其总发电量已超过25%，其中法国最高达69.8%。可以预见，在受控聚变反应永远解决能源之前，在今后三四十年里裂变能将会愈来愈占据主导地位。核反应动力装置的小型化会受到重视。苏联宇宙-954号卫星上电源使用的反应堆堆芯核燃料只有45公斤重。

### 裂变研究对科学的推动

裂变是一种新的特殊的反应机制，它的研究可使人们对核的内部结构有更深入的认识，推动了核大形变理论的发展。此外，研究核的裂变稳定性以及 $\alpha$ 衰变、 $\beta$ 衰变和裂变之间的竞争，对于合成超铀元素探索超重核有重要意义。四十年代以后成功地合成了93号以上一系列的超铀元素，只有在认识了裂变之后，才有可能在众多的裂变产物中识别出这些新的元素。由于裂变在能源方面的应用，使得原子反应堆工程技术得到发展，辐射化学已发展成独立的学科。裂变产物的研究拓广了新的核素，特别是远离 $\beta$ 稳定线的丰中子同位素。周期表中的最后一个空白61号元素就是1945年在处理裂变产物时发现的。通过核反应堆可以生产核燃料 $^{239}\text{Pu}$ 以及制取各种放射性同位素，它们在工业、农业及医学方面有广泛的应用。核反应堆也是一个强的热中子源，可供科学研究使用。

### 2. 全波段 $\gamma$ 射线宇宙线天体物理的观测和研究:

$\gamma$ 射线与同能区宇宙线粒子流强相比仅占很少份额，由于它们不受空间星际磁场的影响，而且其能区跨越十几个数量级，它们能带给人们某些强烈活动着天体的许多直接演化信息。因此，宇宙 $\gamma$ 射线源、 $\gamma$ 射线

(下转第13页)