

# 漫谈核能的历史

韦中荣

1942年12月,第一座原子能反应堆在美国诞生,其输出功率只有0.5瓦,但它开启了原子能时代的新纪元。原子能,即核能的开发和利用,将是人们解决目前能源危机的一个重要途径。然而,人们对于核能的认识和利用却走过了一个漫长的道路。

## 开启原子世界之门——放射性及电子的发现

19世纪,科学家们一般都认为构成物质的最小单位是原子。但是,19世纪末的一系列发现,使人们逐渐认识到原子的内部也有着复杂的结构。在人们认识到原子具有内部结构的过程中,天然放射性和电子的发现,无疑是起到了启发的作用。

1896年1月,法国科学家贝克勒尔在实验时把一些在日光下曝晒过的铀盐放在一些用黑纸包着的照相底片上,结果底片被感光了。为了把问题弄清楚,贝克勒尔想再次试验,但接下来的几天都是阴天。在贝克勒尔等待太阳的这段时间里,铀盐一直被放在一张底片旁。3月1日,他本想预先检查一下底片的质量是否完好再进行实验,结果却发现底片已经感光。这个情况使贝克勒尔意识到,铀盐使底片感光的反应在黑暗中也能进行。于是,贝克勒尔集中精力对铀元素和其化合物进行了研究,于1896年5月宣布:发射穿透射线的能力,是铀的一种特殊性质。

两年以后,居里夫人发现钷也有类似的性质。居里夫人建议把这种性质叫做“放射性”。后来,人们进一步研究发现,天然放射性射线实际上是由3种射线组成的,即 $\alpha$ 射线、 $\beta$ 射线和 $\gamma$ 射线。

这些射线的发现,是人类认识微观世界的一个进步,但这些射线的本质又是什么,特别是有关阴极射线到底是以太的振动还是粒子流的争论,成了当时科学界关注的一个焦点。1897年,J.J. 汤姆孙终于做出了正确的回答。

1886年汤姆孙开始对气体放电和阴极射线进行了划时代的探索。1897年,他完成了著名的实验,测定了阴极射线的电荷与质量的比值 $e/m$ 。在此基础上,汤姆孙指出:“粒子是广泛分布的,但不论在何处发现,它总保持着本身的特性, $e/m$ 值总是等于某一常数。不论物质所处的条件是多么不同,看来

粒子是各种物质的组成部分。因此粒子很自然地被认为是建造原子的基础。”于是,汤姆孙得出结论说:阴极射线是由同样的带电微粒组成,而这种微粒是一种小粒子,它是各种原子的组成部分。就这样J.J. 汤姆孙发现了电子。

电子来自于原子的内部,它的发现说明了原子并不是构成物质的基本单位,同时也说明,原子的内部还有一个没有被发现的世界。

## 向原子世界迈进的一大步——原子核奥秘的揭开

放射性和电子的发现说明了原子具有内部结构。人们便开始设计原子结构模型。1911年,卢瑟福提出了有核原子模型。1913年,玻尔提出:原子是由一个带正电的核和一定数量的沿着确定轨道绕核旋转的电子组成;一切化学变化发生在外层电子,而放射性变化则发生在原子核内部。这样,人们又开始探索起原子核内部的奥秘。

人们最初发现的最小的原子核是将氢原子电离后剩下的核。氢原子核所带的正电荷,与电子所带的负电荷大小相等,但质量比电子大得多。1914年,卢瑟福提出,氢原子核应该是正电荷的基本单元,他把氢原子核叫做“质子”。1917起以后的3年中,卢瑟福利用 $\alpha$ 粒子的轰击,从其他原子核中得到了氢核,从而进一步证实氢原子核(质子)是组成其他原子核的基本单位。此后,质子就逐渐被人们接受了。

1920年,卢瑟福在认识到质子——电子核模型的矛盾之后,预言:原子核中可能存在着质量与质子相同的中性粒子。1921年,美国化学家哈金斯将它命名为“中子”。而中子存在的证明,则是由卢瑟福的学生——查德威克于1932年完成的。

1930年,德国物理学家博特和贝克尔用 $\alpha$ 粒子轰击铍时,发现从铍里面发射出一种穿透力极强的射线。1932年1月,居里夫妇重复了这个实验,在实验中发现,如果把一块石蜡板放到铍板和测量仪器之间,仪器所记录到的效应就会增强很多,而且记录到了质子。他们把这种现象当作是一种强 $\gamma$ 射线造成的“康普顿效应”。这使得他们错过了发现中子的机会。当这个实验结果被报道出来后,立即引起了查德威克的注意。他认为不能用“康普顿效应”来解

释这个现象。通过研究，他发现这种射线的性质与通常的 $\gamma$ 射线有所不同。当这种射线轰击氢原子和氮原子时，打出了一些氢核和氮核，由此，他断定这种射线不可能是 $\gamma$ 射线。查德威克意识到这种辐射实际上应当就是卢瑟福所提出的质子——电子复合体，于是他沿用了哈金斯的“中子”这个名称作为对这种粒子的正式命名，并在1932年发表了《中子可能存在》的论文。

质子和中子的发现，让人们进入了原子核的内部世界。也正是由于它们的被发现，又促进了对原子核研究的进一步深入。正是这种深入最终导致了人类对核能的充分认识和产生了利用核能的想法。

### 核时代的起点和核能的本质

像铀这样的放射性的元素，能产生能量十分可观的射线。最先试图确定放射性元素能产生多大能量的是法国科学家皮埃尔·居里。1901年，他测量了镭所放出的能量。而这种能量并不是凭空产生的。原子核中有些质子——中子排列含的能量大，有的排列含的能量少。如果由高能排列转变到低能排列，就会放出多余的能量。像铀、钍和镭这些放射性元素，原子核内的质子和中子可以连续地由高能排列变成低能排列，这就称为“核反应”，释放出来的多余能量叫做“原子核能”。但很显然，要想得到这些天然放射性，我们要付出极其昂贵的代价。那么下面就让我们来追溯一下人类是怎样解决这一问题并进而开发利用核能的。

1934年初，约里奥——居里夫妇在用 $\alpha$ 粒子轰击铝、硼、镁等实验中，得到了自然界并不存在的放射性同位素，从而发现了人工放射性。后来人们进一步的研究发现， $\alpha$ 粒子轰击法只能使轻元素产生放射性同位素，而对重元素则无效。鉴于此，费米选择了中子作为“炮弹”。1934年上半年，费米小组只花了几个月的时间，就得到了37种放射性同位素，从而开辟了获取放射性同位素更加有效的途径。

1934年10月，费米小组在实验中偶然发现，在人射粒子束与金属之间放置其他物质会影响人工放射性的放射强度。在用石蜡实验时，所激发的放射性强度增加了100倍。费米通过分析，认为由于石蜡中大量氢的存在，使得中子进入石蜡后与氢原子核发生碰撞而损失了部分能量，从而减慢速度变为慢中子。慢中子会有更多的机会被俘获，这样它也就

具有更强的激发核反应的能力。慢中子的发现大大提高了制造人工放射性物质的效率，使人工放射性物质完全可以替代价格昂贵的天然放射性物质，从而为核能的开发提供了必要的前提。因此，人们也将慢中子及其效应的发现视作“核时代的起点”。

慢中子被发现后，人们将它用在超铀元素的分离和分析方面。1938年，伊伦——居里和南斯拉夫的沙维奇在用中子轰击铀时，产生了一种新的放射性元素。后来，经过哈恩的精确分析，确认这种新元素是钡。而迈特纳则在此基础上设想，铀在被轰击后一分为二，钡只是其中的产物之一，从而提出了核裂变的概念。核裂变的概念提出后，居里夫妇、费米和匈牙利物理学家西拉德等人将这个概念更推进了一步，从实验上证实了链式反应的可能性。这就表明用中子不仅可以使铀核发生核裂变，而且裂变产生的中子，又可以激发铀的链式反应，并释放出巨大的能量，这样，核能的大门终于被打开了。

1905年，爱因斯坦提出了相对论。根据相对论，他指出，质量与能量是物质不同的存在形式，在一定的条件下它们之间可以相互转化。他还推导出了著名的质能转换公式，为解释并具体计算核能提供了依据。因此，核能的本质就是核反应过程中的质能转化（可用公式表示为 $\Delta E = (m_{初} - m_{末}) c^2$ ），比如在铀-235的裂变反应中，转化为能量的质量大约是参加反应的总质量的0.09%。

### 核能的应用

核能之门被打开之后，人们很快就认识到了它的价值，并将它投入应用之中。然而，正如许多科学的发现一样，核能最早的用武之地是在军事上，原子弹的出现和使用，使得人们第一次清楚地感受到了核能的巨大威力。

1945年7月16日，第一颗试验原子弹在美国的阿拉莫哥多沙漠爆炸成功。1945年8月6日和8月9日，美国向日本的广岛和长崎分别投掷了一颗原子弹，这是人类第一次亲身感受到了核能的威力。1946年6月30日，美国进行了首次海上核试验；1949年9月22日，苏联爆炸了一颗威力比广岛原子弹大5倍的核弹；1952年，英国原子弹爆炸成功；1960年法国在撒哈拉大沙漠里爆炸了一颗钷弹；1964年10月16日，我国也成功爆炸了一颗原子弹。

原子能的和平利用比用在军事上要晚得多。本

# 核磁共振与诺贝尔奖

姜广智



2003年10月6日,瑞典卡罗林斯卡医学院宣布:2003年诺贝尔生理和医学奖授予美国化学家保罗·劳特布尔和英国物理学家彼得·曼斯菲尔德,以表彰他们在核磁共振成像技术领域的突破性成就。迄今为止,已有10位科学家因在核磁共振技术领域的卓越贡献而荣获诺贝尔奖。他们分别为:美国物理学家斯特恩,因发展分子束的方法和发现质子磁矩而荣获1943年度诺贝尔物理学奖;美国物理学家拉比,因应用共振方法测定了原子核的磁矩和光谱的超精细结构而荣获1944年度诺贝尔物理学奖;美国物理学家布洛赫和珀塞耳,因发现和发展核磁精密测量新方法共获1952年度诺贝尔物理学奖;瑞士化学家恩斯特,因发明傅立叶变换核磁共振分光法和二维及多核磁共振技术而荣获1991年度诺贝尔化学奖;瑞士核磁共振波谱学家维特里然、日本科学家田中耕一和美国科学家约翰·芬恩,因发明利用核磁共振技术测定溶液中生物大分子三维结构的方法而荣获2002年度诺贝尔化学奖。

自从1896年贝克勒尔发现放射现象以来,物理

学家开始密切关注核物理研究。1920年,斯特恩和盖拉赫发现:当原子束通过不均匀磁场时,会相

对于磁场的取向而偏转。1924年,泡利指出:原子核如同电子具有自旋和磁矩一样,也存在着角动量和核磁矩,并提出“核磁共振”概念。1937年,拉瑟里尤和舒伯尼科测出质子的核磁矩值,其误差约为10%。他们还发现,即使在2K的实验温度下,微观核磁矩在很短的时间内就可达到热平衡。拉瑟里尤和舒伯尼科被认为是最早发现核磁现象的人。

1939年,拉比在斯特恩—盖拉赫分子束实验基础上,改进装备设备,利用一个非均匀强磁场使一束粒子偏转,然后再利用另外一个磁场使粒子重新会聚到检测器上。经过实验研究发明著名的核磁共振方法:在一定条件下,如果从垂直于磁场的方向加进交变磁场,能够改变磁矩的方位,使磁矩体系有选择地吸收特定频率的交变磁场的能量。

文开头提到的1942年,美国的第一座原子能核反应堆还不能算真正意义上的核能的和平应用,毕竟其输出功率太小了。第一座真正意义上的原子能发电站直到1954年在苏联建成,其发电功率为5000千瓦。英国于1956年建成该国第一座原子能发电站。而美国则迟到1958年才建成一座具有工业规模的民用核电厂。到1982年,已有25个国家拥有原子能发电站,原子能核电站已达249所。而到目前为止,建成和在建的原子能发电站共计则已经多达470余座。核能在当今的人类能源利用中的所占比例越来越高。

## 核能开发的明天

人们在对太阳的研究中认识到了核聚变反应,而且认识到轻核聚变的能量比重核裂变的能量要大得多,而且不存在放射性污染。这为解决能源危机展现了广阔的前景。同时,这也成为人们进一步开发核能的前进目标,而就目前的发展来看,

人们在核聚变的研究上,在军事方面已经取得了成功。1952年,美苏两国先后爆炸了氢弹,我国的第一颗氢弹也于1967年爆炸成功。但对核聚变实现有效地人工控制却依然没有实现,这里面有许多难题需要解决。

目前人类正在攻克这一难题。最有效的设想是“激光——电磁约束等离子体聚变装置”。即用激光的超高温进行核聚变点火,用电磁约束作“容器”,然后控制氢核原料的流量,从而实现聚变能量的缓慢释放。还有一种设想,是建立太空核聚变核电站,利用太空中没有引力的失重现象控制氢核燃料的流量,使之缓慢释放能量,然后通过激光技术或微波把能量发回地球。

但是,设想毕竟还只是设想,要把设想变为可操作的现实过程,这中间还有大量的工作要做。不过,这毕竟是给人类预示了核能利用的美好明天。

(首都师范大学物理系 100037)