

# 人类能创造自己的太阳吗？

莫 恭 敏

(中国国际广播电台 北京 100040)



## 第一篇 宇宙能量的起源

### 太阳能哪里来？

悬挂在我们头顶上的耀眼的太阳究竟是什么样子的？在这个永不熄灭的熊熊“火炉”里燃烧的究竟是什么东西？——当自然科学开始萌芽时，人类就在不断思索着这个问题，并开始对太阳进行不倦的探索。

到19世纪中叶，科学家发现“能量守恒和转换定律”之后，人们对太阳能的来源产生了强烈的兴趣。1862年瑞典天文学家昂格斯特罗姆根据太阳的光谱中有氢元素特征谱线而认定太阳上存在氢。1868年法国天文学家让桑在印度对日全蚀进行观测时，发现一条任何当时已知元素都产生不了的谱线，英国天文学家洛克耶把产生这种谱线的未知元素定名为“氦”（希腊文意为“太阳”）。然而，人们当时并不了解太阳上的氢和氦在太阳发光发热过程中起何种作用，不知道氢和氦之间究竟有什么关系。

核物理学的早期研究成果推动了对太阳能来源的研究。1930年，英国物理学家爱丁顿提出，太阳中心的温度和压力应当异乎寻常地高，温度可能高达1500万度。在这样的高温高压下，原子核能够进行那些在地球上实验室里无法进行的反应。这种反应就是四个氢核聚合成一个氦原子的聚变反应。聚合反应进行时，能释放出巨大的能量。不久，又发现这种轻核聚合反应是宇宙中星体能量的主要来源。我们头顶上的太阳就是通过这种反应每年释放出 $29,835 \times 10^{27}$ 千卡热量的，而且如此不休止地辐射能量已有约50亿年。

1938年，美国物理学家贝脱找到了氢聚合成氦的几种可能方式。他指出，在像太阳这样

的恒星的中心所存在的高温高压条件下，有两种可能发生的聚合反应：一是四个氢核直接聚合成一个氦原子；一是有碳原子参加作媒介的聚合反应。他认为，前一过程可能是太阳能转换的主要机制。现在已经清楚，太阳能主要来源于所谓的“质子-质子循环反应”。此循环由三种反应组成：第一种为由氢核组合成氘（重氢）核的反应；第二种为由氘核组成原子量为3的氦同位素核的反应；第三种则是氦3组成稳定的原子量为4的氦同位素核的反应。在上述聚变反应过程中释放出来的能量是通过所形成的新原子核、电磁辐射量子、中子和中微子等粒子携带出去的。上述热核反应不仅是太阳辐射的来源，而且也是其他恒星能量的来源。恒星内部所进行的热核反应对宇宙的进化起着十分重要的作用，因为这些热核反应是恒星内部由氢聚合而成的各种化学元素核的源泉。

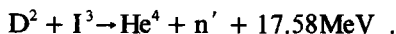
### 核能量究竟有多大？

原子核占有原子质量的绝大部分，然而，它的直径却不及原子直径的万分之一。有人打比方说，如果把氢原子比作一座几万立方米的大礼堂，那么，它的原子核就可以比作这座大礼堂中央的一粒芝麻。可见，原子核同它的电子壳层之间存在着多么巨大的空隙。然而，原子核同电子壳层之间的巨大距离却表明了原子核是被多么强大的核力量在挤压着。一旦原子核发生变化，被释放出来的能量又会是多么巨大！

那么,原子核内蕴藏的能量究竟多大呢?

每个原子核的质量都小于构成它的那些核子单独存在时的总质量.于是便出现了所谓的“质量亏损”,这种“质量亏损”可以看作是这些核子在从分开存在到组成原子核的过程中释放出了同它相当的能量;反之,亦可看作是把一个原子核分离为各个分散的核子时必须给予的能量.这种能量称为“原子核结合能”.

根据相对论的质能关系式  $E = mc^2$  (其中  $E$  为任何物质的能量,  $m$  为其质量,  $c$  为真空中的光速), 当一物体的质量改变时, 它的能量就按这一关系式相应地发生变化. 反之亦如此. 当人们利用这一关系式解释原子核的质量亏损现象时, 就发现了原子核内蕴藏着巨大的能量. 例如, 氦核是由两个质子和两个中子组成. 质子质量为 1.007276 个原子质量单位, 中子质量为 1.008665 个原子质量单位. 这四个核子单独存在时的总质量为 4.031882 个原子质量单位. 但是, 由它们组成的氦核质量却只有 4.001505 个原子质量单位, 因此质量亏损是 0.030377 个原子质量单位. 1 个原子质量单位相当于 931.50MeV 的能量. 所以氦核的结合能是 28.297MeV. 将原子核结合能除以核子数(即原子质量数), 可得每个核子的平均结合能. 因此, 氦原子中核子的平均结合能是 7.074MeV. 大多数原子核的平均结合能为 8MeV 左右. 但是, 元素周期表上两端的最轻和最重元素的一些原子核的平均结合能却较小. 例如, 铀核的平均结合能仅 0.84MeV. 氢的同位素重氢——氘核(由一个质子和一个中子组成)的平均结合能也只有 2.22452MeV, 超重氢——氚核(由一个质子和两个中子组成)的平均结合能为 2.78MeV. 因此, 重核发生裂变或轻核实现聚变都是一种从平均结合能较小的核转变为平均结合能较大的核的过程, 换句话说, 是原子核质量发生变化而导致能量发生变化的过程. 在这种过程中伴有大量能量释出. 氘核和氚核聚变形成氦核就释放出 17.58MeV 的能量, 同时放出一个中子. 这个反应式可写作:



核发生变化时, 释放出原子核结合能. 在化学反应过程中, 自由原子结合为分子时, 由于核外电子发生变动, 也能放出能量. 这种能量称为“化学结合能”. 不过, 化学结合能很小, 只以电子伏特(eV)为单位. 而原子核结合能则以兆电子伏特(MeV)为单位. 可见一次核反应释放的原子能(即核能)要比一次化学反应释放的化学能大几百万倍, 乃至千万倍!

原子核内蕴藏着如此巨大的能量. 怎样才能开发这些能量, 以令其为人类服务呢?

## 第二篇 裂变与聚变

### 原子核的秘密

19 世纪末以前, 人们对原子内部的秘密尚一无所知. 1895 年德国物理学家伦琴发现了 X 射线.

1898 年法国物理学家居里夫妇发现了钋和镭, 它们也会发出看不见的光线. 后来, 居里夫人发现, 镭、钋、铀这一类元素的原子在分裂时能放出好几种射线, 因此, 她把这组元素称为放射性元素. 实验表明, 镭可以不依靠外来力量, 从自身不断发射出三种射线:  $\alpha$  射线、 $\beta$  射线、 $\gamma$  射线. 在磁场中,  $\alpha$  射线偏向负极,  $\beta$  射线偏向正极,  $\gamma$  射线不发生偏转.

研究表明,  $\alpha$  射线是带正电的高速粒子流(称  $\alpha$  粒子), 它以每秒 1—2 万千米的速度从放射源中放射出来.  $\beta$  射线是带负电的粒子流(称  $\beta$  粒子), 其速度接近光速. 而  $\gamma$  射线则是一种速度等于光速的光子流, 它不带电, 因此在磁场中不发生偏转.

1908 年, 科学家证明,  $\alpha$  粒子就是氦原子核, 它只能从放射性元素的原子核中放射出来, 因为带负电的极轻的核外电子不可能转变为带正电的、比它重几千倍的  $\alpha$  粒子. 在此之前, 1900 年就已查明,  $\beta$  粒子就是电子. 不过它不是来自核外电子, 而是在核内的一个中子转化为一个质子的过程中释放出来的电子, 其特性与核外电子的特性完全相同, 但能量却比核外电子大得多. 例如氢原子的核外电子从较高的能

级跃迁到较低的能级时,最多只能发出能量为13.55电子伏特的光子,然而 $\beta$ 射线中每个电子的能量却有几十万电子伏特.至于 $\gamma$ 射线的光子同普通光子相比,能量也是同样巨大.普通光子的能量只有几个电子伏特,而 $\gamma$ 射线中的每个光子的能量也同 $\beta$ 射线中的电子一样有几十万电子伏特.可见, $\gamma$ 射线也来自原子核.

放射性元素自动放出粒子后就变成另一种元素.这在核物理学上叫做“衰变”.放射性元素衰变时转化为射线而放出的这一部分能量就是原子核能.在衰变过程中,各种放射性元素的半衰期长短差别悬殊.短的,如钋212的 $\alpha$ 衰变的半衰期仅为三千万分之一秒.长的,如铷232的 $\alpha$ 衰变的半衰期长达139亿年之久.尽管放射性元素衰变时释放的能量极其巨大,但是它们要经过如此漫长的岁月,才能衰变掉一半.这样,每天参加衰变的原子不多,释放的能量也就不大.

### 链式反应

能否使放射性元素在漫长的自然衰变中所释放出来的能量在极短的瞬间释放出来呢?我们知道,要打破原子核内紧密结合在一起的结构单元,也就是说,要把“原子大厦”的“小砖块”打出一块来,必须使用能量相当高的粒子炮弹.1919年,英国物理学家卢瑟福用 $\alpha$ 粒子(氦核)去轰击氮核,结果氮核转化成了氧核,同时放出了一个质子(氢核),从而在历史上首次实现了人工核破裂.

1938年,德国科学家汉恩和斯特拉斯曼发现,用中子去轰击铀235的核,能使它分裂成两个(有时是多个)较轻的新核(裂块),同时放出2—3个中子和巨大的能量.被释放出的中子能引起另一个铀235的核发生裂变.于是裂变反应就能自动保持下去.这种能自持进行的原子反应被称作“链式反应”.

链式裂变与天然衰变相比,不仅释放出来的能量要巨大得多,而且时间也短促得多.计算表明,一个铀235的核在裂变的一瞬间能释放出2亿电子伏特的能量,然而它通过衰变释

放同样的能量却需要七亿年.

第二次世界大战后期,美国科学家曾利用重元素原子核裂变瞬间释放出巨大能量而引起杀伤破坏作用,在世界上首先制成了用铀和钚做装料的原子弹,轰炸日本的广岛和长崎,摧毁了这两座城市,造成了数十万人的伤亡和严重的原子辐射后果.然而,科学家利用重核裂变的能量去发电也造福于人类.目前,重核裂变是原子能发电站获取动力的唯一手段.

### 裂变与聚变

现在我们知道,裂变是指重原子核通过自发或感生分裂而变成通常是两个质量相近的核(裂块),同时放出中子的过程.通过上一篇所谈到的恒星内部的三种热核反应,我们还了解到,聚变是指轻原子核相遇时聚合为较重的原子核,同时可能放出中子的过程.这两种过程都释放出巨大的能量.从每个反应看,重核裂变的反应能比轻核聚变的反应能大十倍到数十倍,但是由于重核(如铀)比最轻核(氢)重230多倍,因此从单位质量来比较,轻核聚变所释放的能量反而比重核裂变所释放的能量为大.例如,铀235裂变时每个核子只释放出0.84MeV的能量,然而,在恒星内部氦核聚变为氮核时却能释放出约7MeV的能量.在地球条件下得以实现的两个氦核聚合为一个氦核并放出一个质子的反应中,每个核子释放出约1MeV的能量;而在一个氦核同一个氦核聚合为一个氮核并放出一个中子的反应中,每个核子可释放出约3.5MeV的能量.不过到目前为止,人类尚未能通过聚变反应获取可供利用的核能,因此研究利用聚变(当然指受控聚变)就是当前重大而紧迫的课题.

(未完待续)

