

七、铀的链式反应和原子能的开发

1939年春，在裂变发现不久后，在法国的约里奥夫妇和在美国的费米几乎同时用不同的方法去探测铀裂变时是否能放出中子。结果证实确能放出中子，并且每次裂变放出中子的数目是两个到三个。这个重要发现使人们看到：释放原子能的钥匙已经找到。

从裂变到链式反应，原理上是简单的。裂变的碎块，与相同质量的稳定核相比必须具有超量的中子。它们要么通过衰变的慢过程，要么通过中子的直接发射（如果有足够能量的话）消除这些过量的中子。在第二种情况下，二次中子可用来产生新的裂变。如果有足够数量的话，将产生比第一代更多的中子。用这种方式，我们就可以获得一种发散的链式反应。如果这种链式反应以未控制的方式很迅速发生的话，就会发生猛烈的爆炸，你就有了原子炸弹，严格地讲就是核子炸弹。在另一方面，如果这种反应能加以控制，形成一种稳定状态，你就得到了一种新的动力能源。两条途径摆在面前：一条是向原子弹发展，另一条是核能利用。很不幸向原子弹发展先于核能的利用，这是科学史上最大的悲剧。

低能量的中子可以使某些大的原子核分裂。如果放出的中子被减速剂，如石墨，减缓速度，它们又能引起其他重原子裂变。如果铀的样品足够大使放出的绝大部分中子在离开样品以前都能被铀俘获，则链反应将以最大速率进行。在一定体积内要有足够的样品以维持链反应，此最低样品称为临界质量。

在原子弹中核炸药先分成几个低于临界质量的小块分开放置，引爆时用以内向爆炸装置把这些小块聚拢到一起。这时立即发生核爆炸，释放出极大的能量，把临近一切东西都加热到500万到1000万度。热气体突然膨胀，立即炸毁附近的一切，并把放射性裂变碎片散布至广大地区。除冲击波外，原子弹还发出巨大的辐射热，这也使它具有很大的破坏力。

在地下的铀矿床所以没有发生原子爆炸的危险，原因有二。第一，在自然界找不到纯净的铀，它仅以化合物形式存在，而且还和其他化合物混在一起。第二，可裂变的 ${}_{92}^{235}\text{U}$ 在天然铀中所占比例不到1%，其余99%都是不能被热中子分裂的 ${}_{92}^{238}\text{U}$ 。要制造原子弹或为核发电厂提供核燃料必须先提纯富集铀同位素，以提高样品中 ${}_{92}^{235}\text{U}$ 原子的相对含量。通常由矿石得到的铀仅含0.711% ${}_{92}^{235}\text{U}$ 。

在西非的加蓬共和国能找到裂变产物，表明大约在15万年前这里的铀矿床曾“超过临界质量”。当时铀-235的含量可能比现在高。

受控制的核能

${}_{92}^{235}\text{U}$ 核俘获慢中子发生裂变产生碎核、过量中子和大量的能，这个事实使费米等科学家联想到若能控制中子的数目就可以使裂变反应以合适的速度进行下去。如果能找到控制中子的办法，中子浓度就可以保持在即使裂变过程不断进行，而又不会高得失去控制引起核爆炸的水平。这时就有可能从这样的反应堆中连续取得热能来做有用功。1942年，在芝加哥大学工作的费米成功地建造了第一座原子反应堆，称为“原子堆”。原子堆包括：仔细稀释的裂变物质；控制裂变反应的中子减速剂；控制温度的冷却剂；限制辐射的屏蔽装置。

尽管建造反应堆所用的材料可以吸收中子，控制棒将对终止裂变反应提供最后的灵敏的控制棒，可以使反应堆在不同功率水平运转。

一旦反应中产生热量并且对射线采取了安全防护措施，就可以按常规技术利用此热能来发电、驱动轮船，或使任何需要热能的设备运转。目前核能主要用发电。核电已成为安全清洁的新能源，与传统的化石能源相比，具有不排放 CO₂、减少温室效应等许多优点。