

自然科学基础丛书

现代科学技术新成就

科学普及出版社

科学出版社 北京

现代科学技术成就



现代科学技术成就

自然科学基础丛书

現代科学技术新成就

錢学森等著

科学普及出版社

1959年·北京

本書提要

本書是“自然科學基礎叢書”的一種。里面分別介紹了生產過程的自動化、星際航行、無線電電子學的应用和新的發展、電子計算機、半導體、高分子化合物、放射性同位素、采礦、鑛冶、冶金技術新成就、我國機床工業的新發展、我國的加速器、原子反應堆，以及熱核能等方面的科學技術知識。它不僅能擴大我們的知識領域，也為我們描繪了我國部分尖端科學技術發展的美麗圖景。

這套叢書適合具有高中文化水平的幹部閱讀。

總號：1145

現代科學技術新成就

著者：錢 學 森

出版者：科學普及出版社

(北京市西便門外馬路)

北京市書刊出版業營業許可證出字第004號

發行者：新 華 書 店

印刷者：北京市通州區印刷廠

開本：787×1092 1/32 印張：6 1/2

1958年8月第1版 字數：134,000

1958年8月第1次印刷 印數：5,545

統一書號：15051·176

定 價：(9) 6 角 3 分

目 次

我国的加速器和原子反应堆.....	(1)
热核能——未来动力的基础.....	(10)
从飞机、导弹說到生产过程的自动化.....	(18)
星际旅行.....	(35)
无线电电子学的应用和新发展.....	(57)
电子计算机和一些有关的理論問題.....	(84)
半导体和它的应用.....	(116)
高分子化合物.....	(133)
采矿、选矿和冶金方面的一些新成就和問題.....	(163)
放射性同位素的应用.....	(179)
向机床工业的最高水平迈进.....	(196)

我国的加速器和原子反应堆

金星南

我国为了发展原子能工业，在解放之后，在党和政府的领导下，开始建设原子能工业所需要的静电加速器。在1955年初，在苏联的无私帮助下，开始建立一架能把 α 粒子的能量增加到2,500万电子伏特的回旋加速器，和一座功率为7,000—10,000瓩的实验性重水原子反应堆。

在我国社会主义建设事业全面大跃进的时期中，这个回旋加速器和原子反应堆已经建成。这两项设备的建成，在我国原子能工业上打下了初步的基础。

这里，我们将简要地叙述静电加速器、回旋加速器和原子反应堆的结构，以及它们在原子能工业中的作用。

一、原子核和原子能

科学在今天已经发展到这样的地步，那就是构成我们一切物质的最微小的粒子——原子——的结构，已能用灵敏的实验仪器观察出来。原子不是简单的粒子，它的内部结构是相当复杂的。它是由很多带电粒子组成的。它的中心是一个带正电的原子核，四周是带负电的电子在运动着。

人们的智慧的发展是无穷尽的。现在人们已经能观察比原子小上百万倍的原子核的内部构造和性质了。原子核是由两种不同的粒子紧密地结合在一起的，一种是带正电的质子，另一种是不带电的中子。

現在人們所發現的原子核有一千多種，其中具有同樣數目的質子的原子核，叫做同位素的原子核。例如，具有一個質子的原子核，稱為氫原子核，但是有些氫原子核不含中子，有些氫原子核含有一個中子，有些含有二個中子。這些都是氫的同位素的原子核。我們稱不含中子的氫原子核為氫1（普通氫），含有一個中子的氫原子核為氫2（或叫氘、重氫），含有二個中子的氫原子核為氫3（或叫氚、超重氫）。

有些原子核會放出一個具有能量的粒子（如 α 粒子、電子等），而它本身變成另一種原子核；有時還會放出穿透本領很強的 γ 射線（甲種射線），而它變到另一種狀態。這些現象稱為核衰變現象。這種原子核是不穩定的。穩定原子核本身是不改變的。原子核在衰變的時候，不但放出粒子和射線，同時也放出能量來。

原子核被其他原子核碰撞後會產生新的原子核，這種現象稱為核反應（聚變）。在核反應產生的過程中，也常常有能量放出（當然也有吸收能量的情況）。

有很多重原子核，如鈾、釷等可以分成二個較輕的原子核。這種現象稱為核分裂（裂變）。在原子核分裂的時候，往往有大量能量放出來。

不論在原子核衰變時所放出的能量，或是在原子核起反應時所放出的能量，或是在原子核分裂時所放出的能量，均稱為原子能。

原子核在衰變時所放出的 α 粒子、電子、 γ 射線，重原子核分裂時所放出的能量等等，在國民經濟上是起很大的作用的。例如鈾原子核分裂時所放出的大量能量，可以在動力上代替煤的燃燒所放出的能量。1公斤鈾的分裂可以相當約2,000噸煤的燃燒。鈷的一種同位素（鈷60）所放出的 γ 射線，

可以用来探测机器部件是否有伤痕，也可以探测炼钢的高爐爐壁有否烧坏；对收获的农作物照射后，可以杀害虫，使农作物在仓库中长期保存。此外，在农业的增产，医学上的治疗等方面都可利用各种同位素所放出的具有能量的射线或粒子。

有关原子核的这些现象的本质，以及原子能的如何利用，是原子能科学研究中的很主要的课题。由于原子能科学事业对于国民经济有着这样密切的关系，所以近二十年来，世界上很多国家投入了大量的人力和物力来进行原子能科学的研究。

二、怎样产生原子核的各种现象

原子核的衰变现象，以及铀、钚等重原子核的分裂现象，在自然界中是存在着的。但是当人们不能掌握这些现象的产生，和控制这些现象的时候，要使它们为人们广泛利用，造福于人类，那是没有可能的。

我们知道，原子核是极微小的、带正电的、结合得很紧密的粒子。如果要使稳定的原子核起衰变现象，或要使原子核产生核反应，或要使铀、钚等重原子核产生分裂现象，我们常常利用别的粒子来和原子核碰撞，闯入原子核内，使原子核的状态改变。我们一般是用质子、重氢核、 α 粒子、电子、中子等来产生这些现象的。

质子、重氢核、 α 粒子都是带正电的粒子。它们和被碰撞的原子核之间有一个静电排斥力。当它们愈近，排斥力就愈大。为了克服它们之间的排斥力，使得彼此之间发生碰撞，必须增加质子、重氢核、 α 粒子的能量。要电子与原子核碰撞，也必须增加电子的能量。各种类型的加速器，如静电加

速器、回旋加速器、电子直线加速器，都是用来增加带电粒子的能量的设备。

中子是一种不带电的粒子，它和原子核之间不存在象带电粒子和原子核之间的静电排斥力。因此，中子和原子核相碰的可能性比较大，并且要中子和原子核发生作用，无须把中子的能量增加。

但是，自然界中没有大量的自由地存在着的中子。要获得大量的中子，必须从中子源里产生。利用静电加速器或回旋加速器所放出的重氢核，与铍、镭、铝等原子核起核反应后，可以产生大量中子。

铀原子核的分裂，就是在中子打击铀原子核时所发生的现象。在铀原子核分裂的时候，除了放出大量能量外，还放出中子来。如果能用这些中子使其他铀原子核再产生，那么这种分裂现象可以连续不断地进行下去，而形成链式反应。原子反应堆就是使铀原子核分裂产生链式反应的一种装置。

原子反应堆内有很多铀原子核不断地在分裂，在其中产生大量中子，所以它是一个良好的中子源。

我们要进行原子能事业的研究，就要能人工地制造具有放射性的原子核，人工地产生核反应、重原子核分裂等现象。这样就需要建立粒子加速器和原子反应堆。现在我国已有自制的静电加速器，和在苏联帮助下建成的回旋加速器和原子反应堆。这些设备的建成，对于我国原子能事业打下了初步的基础。在这里，我们就来介绍一下静电加速器、回旋加速器和原子反应堆。

三、靜电加速器

靜电加速器是利用高电压来增加带电粒子的能量的一种設備。

我們知道，如果我們把电荷送到一个空心导体里面，不管导体的表面带了多少电荷，电荷还是要跑到导体的表面上去。当把电荷源源輸到导体的时候，它的电压就愈来愈高。最后，导体可达到很高的电压。

在靜电加速器上，就有这样的一个絕緣的空心金属导体，作为高压电极。它的表面上的电荷是由絲制的或橡胶制的絕緣帶輸送上去的。絕緣帶上的电荷是由噴电設備噴上去的。具有电荷的絕緣帶进入金属导体后，由金属梳把电荷从絕緣帶上吸取下来，送到金属导体的表面上。

由于导体上的电荷会向空气中漏电，当导体上的电荷增加时，所漏掉的电荷会因之增加。結果，导体上所增加的电荷与漏掉的电荷就会相抵，因此金属导体表面上的电荷会达到一定的限度。如果把靜电加速器放在高压下的某种合适的气体(如氮与二氧化碳的混合气体)內，可以使金属导体的电压提得更高。

要增加能量的带正电的粒子，是从一个产生离子的装置中放出的。这个装置称为离子源。离子源是放在空心金属导体的內部的。从离子源所放出的带电粒子，受到了高压电极上的电压的作用，通过加速管而增加了能量。

加速管是由互相絕緣的許多加速电极組成的。这些电极之間，由瓷筒或玻璃筒絕緣，密封成不漏气的管子。各对电极間的电压的比例可以調节，以致电极之間有适当的电场分布。这样就能使能量被增加的带电粒子聚成一束，而不分散

管中。

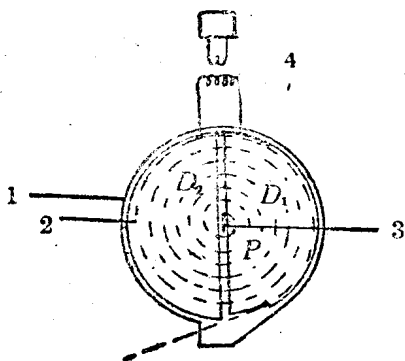
通过加速管后的能量被增加的带电粒子，打击在各种原子核上可以引起核反应。而根据所测量的结果，就可以研究原子核的特性。用这些能量被增加的带电粒子来打击原子核，可以产生新的具有放射性的原子核，人们就可来研究这种放射性原子核的性质。静电加速器也可以产生中子。

四、回旋加速器

回旋加速器的主要部分是在强磁场中的两个扁平中空的半圆形电极。由于它们的形状象字母D字，所以也称为D形盒。这两个D形盒放在一个扁平中空的圆形真空盒内。在这两个D形盒上，加一频率为每秒几百万周的交流电压。在这两个D形盒之间有一条很狭的隙缝。要增加能量的带电粒子，就从放在这隙缝间的离子源内发射出来。

从离子源内发射出来的带正电的粒子，如果刚在发射出来的时候，D形盒 D_1 是负电极， D_2 是正电极，则受到 D_1 的吸引，同时又受到 D_2 的排斥。这样，带电粒子就进入 D_1 内。由于外界磁场的影响，带电粒子在 D_1 内回旋。两D形盒上的交流电压的频率是这样调制着的：当带电粒子到达隙缝的时候，如到达P点时，原来吸引它的 D_1 变为排斥它，原来排斥它的 D_2 变为吸引它。在这个时候，带电粒子就受到一个拉向 D_2 的力。这样，它的速度增加了，因此，它的能量也增加了。带电粒子就这样在两个D形盒内经过很多次回旋后，增加到所需要的能量，于是我们设法把这些粒子输出加速器外。

我们利用回旋加速器所放出的带电粒子，可以使原子核产生核反应，由此可以研究它们的特性。回旋加速器也可以



回旋加速器示意图

1—真空盒, 2—D形盒, 3—离子源, 4—
高频电压机。虚线表示带电粒子运动的路径。

用来产生具有放射性的原子核, 这样我们就可以研究它们的特性。这些具有放射性的原子核也可以用在国民经济上。此外, 回旋加速器中所产生的重氢核与铍、碳、铝等原子核作用后, 可以产生中子。

回旋加速器不像静电加速器的高压电极那样, 要受到向空气中放电荷的限制, 所以回旋加速器可以使带电粒子的能量比静电加速器增加得更高。

五、原子反应堆

原子反应堆的中心部分称为活性区。我们这原子反应堆的活性区是由放在重水中的很多铀棒组成的。在这反应堆中, 使铀原子核产生分裂的是能量很小的中子——热中子。所以这是一个热中子反应堆。重水是这反应堆中的减速剂, 它的作用是使铀原子核分裂时所放出的能量大的中子变为热中子。热中子又使其他铀原子核分裂, 这样就形成链式反应。

这个由铀棒与重水所组成的系统是放在一个铝制壳内。铝壳的外面有一个石墨层包围着。石墨层的作用是使部分将飞出活性区的中子反射回去, 减少从活性区飞出中子, 也就是说可以减少活性区中中子的损失。这石墨层称为反射层。

原子反应堆在运转的时候，常常有大量中子和大量 γ 射线放出反应堆外。中子和 γ 射线四散在空气中，对于工作人员和附近居民会带来很大的危害性。为了防止中子和 γ 射线放出，在这反应堆的石墨反射层外包了一层钢壳。钢壳外面是一个水层，最外面是一层很厚的水泥层。

这反应堆的功率的控制，是用好几根插在活性区内的镉棒来完成的。镉是一种可以大量吸收中子的金属。如果在反应堆中中子太多，功率过高，我们可以把镉棒多插入一些，中子就被多吸收了一些，反应堆的功率即可降低。相反地，如果中子太少，功率不够，我们就要把镉棒多拔出一些。

反应堆在运转的过程中，有大量热量放出。这些热量是由一个重水循环系统中的重水带出去的。重水在我们反应堆内不仅是减速剂，并且同时是冷却反应堆的冷却剂。重水所带出的热量，在经过热交换器时，传给另一个循环系统中的普通水，而被冷却了的重水又重新回到反应堆内。

在这反应堆中，除了这个冷却系统外，还有一个氦气的循环系统。这循环系统的目的，是把反应堆内由于重水受到中子和 γ 射线的作用而分解成重氢和氧的混合气体，排出反应堆。因为这种混合气体是有爆炸性的，所以必需把它排出。把所排出的重氢和氧合成重水(用钨做接触剂)，再送入反应堆内。

我们这反应堆是一个实验性的反应堆，利用这反应堆我们可以研究原子核的各种性质，可以研究大量中子与 γ 射线照射在金属上所起的影响，研究大量中子与 γ 射线照射在生物上所起的影响等等。它还可以用来制造各种具有放射性的同位素。这种同位素在工业、农业、医学等国民经济上都起着很大的作用。

这些设备的建成，标志着原子能事业在我国的土地上已生长起来了，证明了我国在共产党的领导下，现代化的科学技术能很快地建立起来。这一事实对资产阶级右派分子所说的共产党不能领导科学的谬论，予以强有力的回击；也打破人们对于科学技术高不可攀的迷信，和对于科学技术不可跃进的错误认识。

这些设备的建成，在我国科学研究上，在我国的国民经济上，是会起一定的作用的。但是对于我国全国范围内的需要，还是远远不够的。

从加速器来讲，上述两种类型的加速器，都是属于低能加速器的范畴的。除了这两种加速器外，还有很多的加速器，如同步回旋加速器，直线加速器等。从能量方面来讲，还有中能加速器和高能加速器。原子反应堆的类型也是很多的，并且还有各种用途的原子反应堆。其中有供给科学研究用的，有供给产生动力用的。

在我国社会主义建设时期，各种类型的加速器和反应堆都是必要制造的。这样才能满足我国全国各方面的建设事业的需要。

我国在共产党的领导下，在全国整风运动获得胜利的基础上，工农业已经掀起了生产大跃进的高潮，各项科学事业的大跃进形势也已经形成。我国的原子能事业一定会和其他建设事业一样，在完成党所规定的科学远景规划的时候，很快地赶上世界的先进水平。

热核能——未来动力的基础

苏联科学院院士 И. Б. 库尔恰托夫

二十世紀初叶，人类在科学上取得了巨大的胜利：在技术上解决了利用重原子核——鈾和鈾的大量能的問題。但是，原子鍋爐中所用的这种燃料在地层中的儲藏量是并不大的。假如地球上的全部动力轉換为这种动力的話，那末，在近代对动力需要的增长速度的情况下，鈾和鈾只够用一、二百年，而在同一个时期內煤和石油的儲藏也将会用尽。

下半个二十世紀将是热核能的世紀。在热核反应里，在氢轉变为氦的过程中将会释放出能来。最初快速的热核反应是在我国、美国和英国的氢弹中实现的。現在，放在科学技术面前的任务是：不是爆炸式地来进行热核反应，而是使热核反应成为可控制的平穩地进行的过程。解决这一問題以后就可以利用地球上的大量的氢作为原子核燃料。

在热核反应堆中用的并不是普通氢，而是重氢。用等量的重氢（或氘，即原子量为2的氢）和超重氢（或氚，即原子量为3的氢）所組成的混合物来进行热核反应是較为容易的事情。在自然界中，超重氢是相当少的。要制造所需数量的超重氢就必须完全借助于中子照射鋰的核反应，但是这是一个价錢昂貴的制造过程。看来，利用純重氢来工作的热核反应堆倒是很有发展前途与重大意义的。在自然界中重氢是十分充足。

的，在6,000个普通氢原子核中就有一个重氢原子核。因而一升普通水按其能量來說就相當于400公升的石油。簡單的計算表明，即使在动力蓬勃发展的情况下，重氢燃料将足够人类用几万万。随着热核反应堆的建立，在实际上再也用不着担心燃料的問題了。

在最近15年內，苏联煤和石油的年产量将达到10亿吨左右。而这么許多的石油和煤只需400吨重氢就可以代替。20年以前，这个数量还只能說是一个大得不可比拟的和难以达到的数量。我記得，战前我們在列宁格勒回旋加速器上工作时，要想得到几克重氢是十分困难的事，因为当时在德涅波尔彼得洛夫斯基的乌克兰科学院物理化学研究所是用實驗室方法制造重水的。可是，我們現在的情况就大不同了。現在我們已經工业生产重水。生产的方法是多种多样的。在这些方法中值得提出的是深度冷冻法，也就是生产重水的过程是在摄氏零下250度的条件下进行的。这种較为先进的方法是由苏联科学院物理問題研究所所創造的。

从水中提取重氢的成本是不大的。能用重氢作为燃料的話，則它的价格比煤的价格的1%还要低一些。

热核反应堆将是怎样的呢？計算表明，在反应堆中应有可能把重氢加热到3—4亿度或把重氢、超重氢的混合物加热到4,000—5,000万度。只有在这样的高温下才能使氢原子核的融合进行得如此强烈，以致使所放出的能量大于因加热氢而損耗掉的能量(包括輻射損耗在內)。也只有这样的高温下，“热核火塞”的鍋爐才能与用煤和石油的鍋爐相竞争。

現在来看一看把氢加热到几亿度所必须具备的条件。

在室温和正常的压力下，普通的重氢气体分子是以每小时五千公里以上的速度运动着的。把气体装入容器中(容器

的材料要能够耐高温和高压)，然后再把气体加热到10万度。在这样的高温下，气体的压力大约为1,500大气压，重氢的原子离解成为带正电的重氢原子核和电子。这样，气体就完全被游离。处在这种状况下的物质，物理学家们称之为“等离子气体”。重氢原子核几乎将以每小时10万公里的速度运动着。但重氢原子核的能量仍然不足以克服它们之间的相互斥力。在10万度的高温下，在一千年中，一升重氢等离子气体仅仅只发生两次原子核转变。

现在我们把温度升高到一亿度。重氢原子核的速度也就达到十分巨大的数值——每秒1,000公里。在几分之一秒鐘内所有的重氢核互相反应。一升等离子气体就会放出难以想象的一亿瓩的功率。我们就差不多达到有可能在重氢中产生自动维持的热核反应的条件。这时，等离子气体的压力为1,500万大气压，因而很明显，在这样的条件下就无法考虑什么利用一般密度下的重氢作为燃料的热核反应堆。在热核反应堆中气体的密度应保持十分小，单位体积内的粒子数不应超过处在普通压力和温度下的气体的粒子数的几十万分之一。即使在这样的情况下，由于温度相当高，等离子气体的压力也将是几十个大气压。

乍一看，建造热核反应堆的问题是无法解决的，因为就是在3,000度的高温下也还没有一种耐火材料足以能够耐受大的机械负荷。问题的复杂性还在于灼热的等离子气体是不能与壁挨近的，因为壁的快速蒸发会使等离子气体立即冷却，结果反应就会停止。要把氢加热到几亿度，就必须建造一个可靠的热绝缘，不使氢挨近容器壁。