

ZHANXINDE NENGYAN
SHOUKONG HE JIUGUAN

嶄新的能源

受控核聚變

T

${}^4\text{He}$

D

唐 尹儒英

四川人民出版社

崭新的能源—— 受控核聚变

白 唐 尹儒英

四川人民出版社

一九七九年·成都

封面设计：陈世五

崭新的能源——受控核聚变

四川人民出版社出版 重庆新华印刷厂印刷
四川省新华书店重庆发行所发行

开本850×1168毫米1/32 印张6.25 插页2 字数115千
1976年12月第一版 1979年5月第二版
1979年5月第二次印刷 印数： 1— 6,350 册

书号：15118·22

定价：0.60元

GF 22/30

第二版前言

能源是人类生产、生活中不可缺少的重要资源。受控核聚变的研究是人类探索新能源的尖端课题。它的任务之一是使轻原子核内贮存的极其丰富的能量受控制地、慢慢地释放出来，并转换成电能供人们使用。一旦掌握了这项技术，整个大海将成为人类新型的“油库”。

受控核聚变的研究在军事上也有重大的意义。首先，这项课题的成果将使人们能用反应所产生的廉价中子来生产大量的核裂变燃料，使丰富的、然而以前却不能使用的富料转变成可裂变的核燃料。另外，激光核聚变的研究将使人们能在实验室里模拟氢弹爆炸的实验。

本书的内容正是对受控核聚变这一重要研究领域中的进展概况、实验装置以及基本原理等等作一通俗的介绍。

与第一版相比,修订再版的主要变动是增添了一些新的资料,并且有了一段关于我国自己的受控核聚变研究情况的介绍。本书中的照片,均由闵未儒同志拍摄。第二机械工业部五八五所在本书的编写和修订过程中,提出了许多宝贵的意见,给予了支持。特在此一并致谢。

白唐 尹儒英

1979年1月

目 录

1. 开发新能源	(1)
地球、人类和动力	(3)
能量守恒及转化定律	(5)
能源	(9)
向新的深度和广度进军	(12)
2. 核聚变能	(15)
原子核的结构、质子和中子	(17)
质能关系	(22)
动质量和静质量、质能守恒定律	(24)
原子核的结合能	(29)
利用核能的两种途径——裂变和聚变	(33)
丰富而又廉价的聚变燃料	(35)
聚变是能够实现的	(39)
3. 核聚变的条件	(43)
燃料的选择	(45)
氘和氚的聚变	(51)
高能要求	(55)
热核反应和等离子体	(58)

临界点火温度·····	(59)
粒子密度和约束时间——劳逊条件·····	(63)
两种可能的约束类型·····	(67)
4. 磁约束原理·····	(71)
电流的磁场·····	(74)
磁场对电流的作用·····	(77)
等离子体在匀强磁场中的运动·····	(81)
磁压强·····	(86)
β 的意义·····	(90)
开端约束和封闭型约束·····	(92)
等离子体在非均匀磁场中的漂移·····	(98)
新经典扩散·····	(101)
等离子体的不稳定性·····	(102)
5. 等离子体的形成、加热和诊断技术·····	(105)
等离子体的形成·····	(107)
等离子体的加热·····	(109)
等离子体诊断技术·····	(112)
6. 磁约束受控聚变研究概况·····	(115)
受控聚变实验装置的分类·····	(117)
低 β 收缩·····	(119)
高 β 收缩·····	(125)
仿星器系统·····	(131)
托卡马克系统·····	(136)

磁镜系统	(142)
内环系统	(147)
7. 磁约束聚变反应堆	(151)
托卡马克型核聚变反应堆	(155)
对环境的影响	(160)
8. 惯性约束——激光核聚变	(163)
惯性约束	(165)
激光打小丸	(166)
向心爆炸	(170)
激光打靶型聚变反应堆	(172)
大功率、短脉冲激光器的研制	(175)
9. 结束语	(181)

开 发 新 能 源

地球、人类和动力

我们今天生活在一个瑰丽多采、生气蓬勃的星球上。它携带着我们，在那苍茫浩瀚的宇宙中运动、飞翔。坐地日行八万里，巡天遥看一千河。地球在运动，人类在运动，整个宇宙也在运动，无边无际、无止无息。

大地是人类的母亲，人类世世代代以来就在她的怀抱里生活、成长。和“母亲”的年龄相比，整个人类的历史是非常短暂的。恩格斯曾经指出：“从攀树的猿群进化到人类社会之前，一定经过了几十万年——这在地球的历史上只不过是人的生命中的一秒钟。”一般地说，一秒钟的时光，无疑是极为短暂的瞬间。但是具体地讲，这个“一秒钟”在地球的历史上却有着划时代的意义——自从人类出现之后，地球就不再只是在继续演化，更重要的是同时也在接受人类对它的改造。“地球的表面、气候、植物界、动物界以及人类本身都不断地变化，而且这一切都是由于人的活动。

人类不同于其它动物的根本特点是在实践的进程中学会了制造工具，并且利用工具来改造自然、克服自然，促成自然界朝着有利于人的方向转化。劳动创造了人类，劳动创造了世界，而真正的劳动则是从制造工具开始的。

工具的使用需要动力。在远古时代，当人类对无限丰富的自然力尚处于茫然无知的状态时，唯一仅有的动力就是人力。人类依靠自己的体力、智慧和双手，不仅开辟了一个个新的江山，而且还成功地学会了使用各种各样的自然力来作为自己的武装——呼啸的劲风、奔腾的河流、熊熊的烈焰、驯服的马牛……都在向人们提供改造自然的动力；无穷无尽的宝藏，从它们千年沉睡的角落里被唤起；一件一件原始的工具，发展进化成现代的机器。就在这不可抗拒的历史进程中，人类一步一步地掌握自然规律，实现了物质的各种运动形态之间的转化——摩擦生火实现了机械运动到热运动的转化，蒸汽机的发明实现了从热运动到机械运动的转化；大工业的发展，内燃机、发电机、电动机等等动力机械的相继问世，进而实现了热能、机械能、电能之间的相互转化。而二十世纪以来，现代科学技术的发展，又使得人们有可能大规模地利用原子能、太阳能、地热能……，为人类开发利用各种自然资源，开拓了更为广阔的前景。

能量守恒及转化定律

今天我们已经知道，使用任何一种工具，或者开动任何一种机器来对外界做功，都必然要消耗一定的能量。以人力、畜力、水力、风力等等作为原动力的工具或者简单机械，它们的工作以消耗人、畜的内能，水、风的动能等等作为代价。蒸汽机、内燃机的运转以消耗各种燃料的内能作为代价。而电动机的转动，则必定要消耗一定的电能……凡此种种，无一例外。

能量是衡量物体做功本领的一种物理量，或者说，是物质运动的量度。世界上的一切物质都在运动，一切物质都有做功的本领，一切物质都具有能量。

物质的运动形式多种多样，能量的存在形式也不一而足。不同形式的能量可以相互转化。你看，摩擦可以生热，又可以生火，反过来，蒸汽又能推动活塞做功。非但如此，机械能、热能、电能、磁能、光能、原子能、化学能……都可以相互转化。这样的转化在今日的世界上早已是屡见不鲜、司空见惯的事情。要说如何实现这样的转化，并且大规模地加以利用，那就是一定阶段的科学技术所担当的任务。蒸汽机、内燃机、电动机……就是这样应时而生的。人们掌握着越来越

越多的机器，也就越来越主动地利用各种自然力来达到自己的目的。

不过，各种形式的能量变来变去，却总是万变不离其宗——有一条根本性的规律却从不违背，这就是在转变前的总能量一定等于转变后的总能量。例如我们点亮一盏电灯，消耗了一定数量的电能，同时灯泡发出了光和热。从数量上看就一定有： $\text{电能} = \text{光能} + \text{热能}$ 。能量既不会凭空产生，也不会白白地消灭，它只能从一种形式转变成另一种形式。这就是今天已为人们所熟知的能量守恒及转化定律。

能量守恒及转化定律的出现，在一个空前广阔的领域里把自然界中的多种运动形式联系了起来，依靠由自然科学本身所提供的事实，以近乎系统的形式描绘出一幅自然界联系的清晰图画。它揭示了自然界中的一条客观存在的、不以人们意志为转移的重要规律，揭示了物质的运动是永恒的，能量不灭、运动不灭。能量守恒及转化定律不但是自然科学的重要内容，而且对辩证唯物论也有所贡献。

和能量守恒及转化定律直接相违背的永动机(又叫“第一种永动机”)是制造不出来的。这种“机器”的设计者们绞脑汁、运匠心，幻想通过巧妙的结构和精心的设计，制出一种不需消耗任何能量就可对外界做功的机器来。图1-1中所画的几种永动机，就是其中的一些代表作。他们或者想利用杠杆原理，或者想利用毛细现象，或者想利用水的浮力……制成能无中生有、凭空产生能量的“机器”来。倘若制成，岂不永

世转动、一本万利？但是事与愿违，由于这种设想违背了自然界的基本规律，无不以失败而告终。

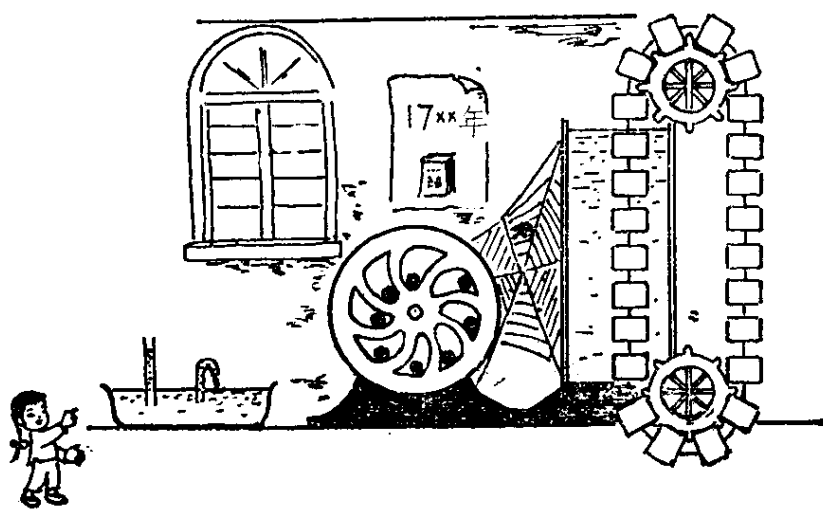


图1-1 永动机的破产

第一种永动机失败了，又出现了第二种永动机。乍看起来，这种永动机并不违背能量守恒及转化定律，但是一旦制成，却也有“永动”的奇功与妙用。试想，比如我们能以降低海水的温度为代价而获取热能，从而开动机器做功，岂不又是一件“绝妙好事”？要知道，即使只把全球的海水降低一度，所获得的热能按今日的消费水平来计算，也足够人类用上千百年哪！但“奇怪”的是，这样的愿望仍然不能实现，第二种永动机也造不出来。实践得出的结论是，在不引起外界其它影响的条件下，热量可以自发地从热体传到冷体；但是在同样的条件下，热量却不能自发地从冷体传到热体。一杯开水，能够自发地向周围散发热量而变成凉水，从而使一定的

环境的温度稍稍有所升高；但是在室温下，一杯凉水就不会自发地吸取周围的热量(从而降低环境的温度)而使自己变成开水。同样的道理，尽管辽阔的海洋拥有大量的热能，但这只是一些“废”热，难于派它的用场。从这个角度来说，人类只得望洋兴叹，没有办法不付出代价而使这些热能自发地释放出来。事实证明，人类在改造自然的进程中，只能去发现真理、认识真理、能动地运用真理，而绝不能依靠头脑制造法则。

当然，否定之中就有肯定。形形色色永动机的失败，从反面给后人提供了宝贵的教训，同时也为能量守恒及转化定律的发现作了思想准备。

能 源

能源，是指可从其中获取能量的自然资源，或者说，是指那些可以产生供人们利用的能量的物质。石油、煤炭是当代最广泛使用的能源，而原子能、太阳能等等则是发展中的能源。

当然，不同的能源，其利用的价值和效果、认识和开发的难易程度都不会一样。有些能源，例如煤和石油，人们已经在认识和利用，“自在之物”转化成了“为我之物”。另外一些，比如原子能和太阳能，人们正在认识和利用，它们正处于转化成“为我之物”的进程之中。至于那些迄今仍未被人们认识和利用的“自在之物”，则更是无限丰富、无限多样的。

自然界的能源无穷无尽，人类对能源的认识也永无终结。仅以水力为例而言，古代洪水为患，人是水的奴隶。但是曾几何时，人们发明了水力磨、水车、水力纺车以及水力鼓风设备，实现了从一种机械运动到另一种机械运动的转化，水力成了重要的能源。二十世纪以来，廉价的水力发电又使水力能源焕发了青春。水力可以发电，电又可以发光、发热、开动机器……水力能源的用途从一种向着多种发展，而它的利用规模，则不断地从小型向着大型挺进。1936年，出现了