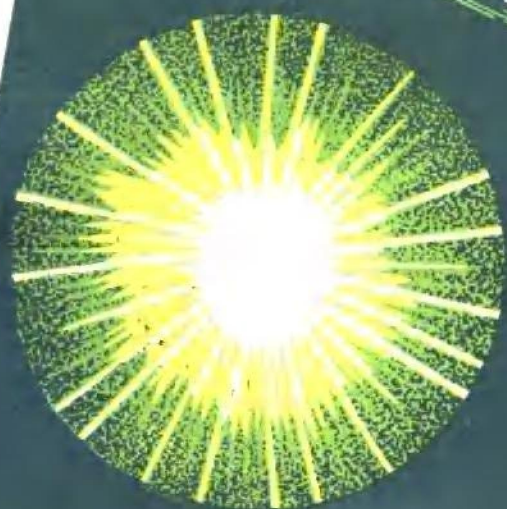




受控 热核反应



-49

IRANKEXUE XIAOCONGSHU

自然科学小丛书

北京出版社

自然科学小丛书
受控热核反应
shoukong rehe fanying
王 树 茂

*

北 京 出 版 社 出 版
(北京崇文门外东兴隆街 51 号)
新华书店北京发行所发行
广 益 印 刷 厂 印 刷

*

787×1092毫米 32开本 3.625印张 56,000字

1985年12月第1版 1985年12月第1次印刷

书号: 13071·165 定价: 0.59元

编辑说明

《自然科学小丛书》是综合性科学普及读物，包括数学、物理、化学、天文、地学、生物、航空和无线电电子等学科。主要介绍这些学科的基础知识，以及现代科学技术成就。编写上力求深入浅出，通俗易懂，使它具有思想性、知识性和趣味性，可以作为中学的课外辅导读物，并适合具有初中文化水平的广大读者阅读。

前 言

当前人类所用的能源资源主要是石油和煤。随着生产发展、社会进步，能源的消耗量会越来越大，可是地球上煤和石油的蕴藏量毕竟是有限的，不可能无止境地开采。那么，等到这些地下宝藏被不断开发而逐渐消耗完了的时候，人类社会是否会遇到空前的危机，出现那种机器停转、工厂关门、黑夜没有光明、冬天寂寞冰冷的“世界末日”的情景呢？

当然，这种悲观的看法是没有根据的。在自然界严峻的挑战面前，人类正在积极寻找各种新能源，去代替那些可能枯竭的矿物能源，以创造更加光辉灿烂的人类社会文明史。

到目前为止，科学家们在能源的开发利用上，已经作了巨大努力，取得了很好的成绩，例如对原子能（现在仅是裂变能）、太阳能、风能、潮汐能、地热能、生物能的利用等等。其中，热核能很可能成为人类今后最重要的能源。

对于热核能，人们并不陌生，氢弹爆炸时释放的就是热核能。它也是一种原子核能（聚变能），但它与原子核电站所利用的裂变能不同。今天用于核电站的燃料，是自然界蕴藏不多的铀；而用作热核反应的燃料——重氢，可以从海水

中提取，几乎是取之不尽的。如果我们能控制和开发热核能，将能最终战胜日益紧迫的“能源危机”。

那么，用什么办法以可控的规模（不是象氢弹那样灾难性的规模）来“点燃”热核燃料呢？这就是二十多年来科学家们一直在探索的被称为“受控热核反应”的课题。这本小册子就是介绍科学家们为利用热核能所作的努力以及人类利用热核能的前景。

目 录

前 言	1
一 能源	1
运动与能量 (1) 人类为生存和发展寻找能源出路 (8)	
二 微观世界	13
到微观世界去旅行 (13) 震天动地的事件 (17)	
三 崭新的火种	24
熊熊烈火 (24) 新火种 (26) 比一百个太阳还亮 (29) 能燃烧的海水 (33)	
四 点起“聚变之火”	38
得不偿失的“炮击” (38) 怎样点起“聚变之火”(40) 实现“受控”的难题 (47)	
五 “磁瓶”与等离子体	50
神奇的磁场 (50) 磁场中的带电粒子 (54) 看不见的 “瓶子”——磁瓶 (59) 物质的第四态——等离子 体 (63)	
六 磁约束核聚变	68
直管式的磁瓶 (68) 带磁镜的磁瓶 (71) 环形磁瓶 (74) 箍缩装置 (77) 托卡马克装置 (80)	
七 惯性约束核聚变	84

超小型的“氢弹” (85)	向心爆炸 (87)	激光核聚变
(89)	粒子束核聚变 (96)	
八	未来的核聚变电厂	105

一 能 源

运动与能量

我们周围的世界，一切都在变化着、运动着。物质多种多样的运动形式构成了世界上事物的千姿百态，五光十色，川流不息。

物质都是运动着的，运动着的物质都具有能量，因此能量就是运动的度量，它包含在一切运动和变化之中。你看天体星球以巨大的规模在太空中运转不息，这些遥远的星星在夜空中闪闪发光，给我们带来宇宙中运动和能量的信息。有时，天空中的云彩漂浮游荡，十分



图 1 宏观世界的运动与能量

美丽；但有时乌云密布，雷电交加，倾盆大雨荡涤山川、平原，显示着自然界具有无穷的能量。火山爆发时涌出的炽热的岩浆和地震时地动山摇的可怖破坏力，表明在我们的地下也蕴藏着巨大的能量。

以上是我们见到的宏观世界的能量，在肉眼看不见的微观世界中也蕴藏着能量。从表面上看，一些地方有时十分安静，万籁俱寂，无风无息。但是，如果能发明一种特殊的放大镜，可以直接看到组成一切物体的分子和原子，那么，你会大吃一惊：玻璃罩中有着最宁静的空气，但是组成这些空气的分子竟以每秒几公里的速度疾速地却又杂乱无章地运动着；那周围

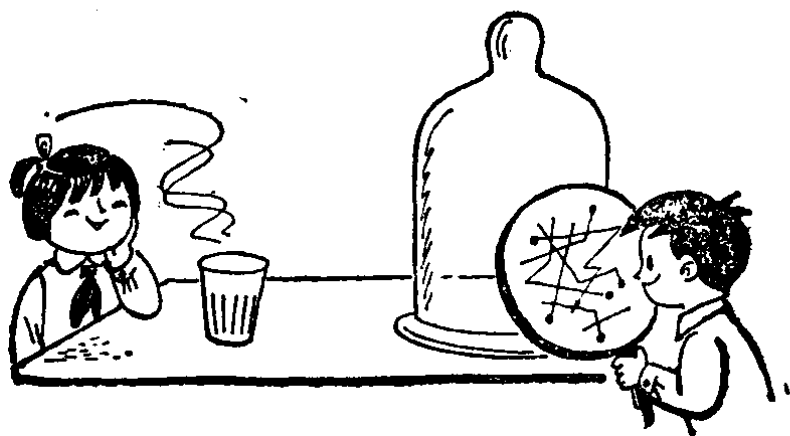


图 2 微观世界的运动和能量

静物中的原子也在剧烈地运动着；至于原子世界中的电子，更是“疯狂”地绕原子核运动……。有运动就有能量，微观世界中也充满着能量。

物质运动形式的多样性，也表明能量存在形式的多样性。

机械运动是最简单的运动。飞行中的火箭，奔驰着的列车，转动着的飞轮，这些东西都在空间不断地作相对运动，它们都具有速度和惯性。这种与物质的位移运动相应的能量，我们把它叫作运动物体的动能。

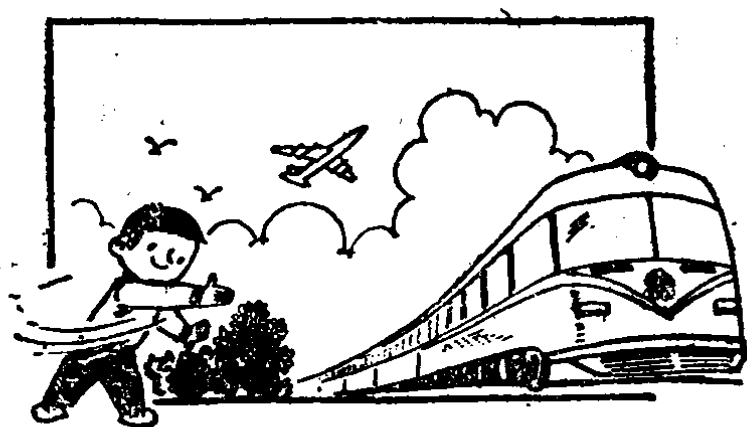


图 3 机械运动和动能

离地面有一定高度的重物，由于受地球吸引力(重力)的作用，当它下落时就会不断地加速而增加动能。类似地，高处的水、压紧了的弹簧、相互吸引着

的带电体都能发生运动。这类运动同相互作用着的物体之间的距离有关，其相应的能量叫做势能或位能。

我们知道，构成物体的分子和原子是在不断运动着的，物体的温度愈高，它们的运动愈激烈，所具有

的动能也愈大。热能就是物质内部分子和原子运动的能量。

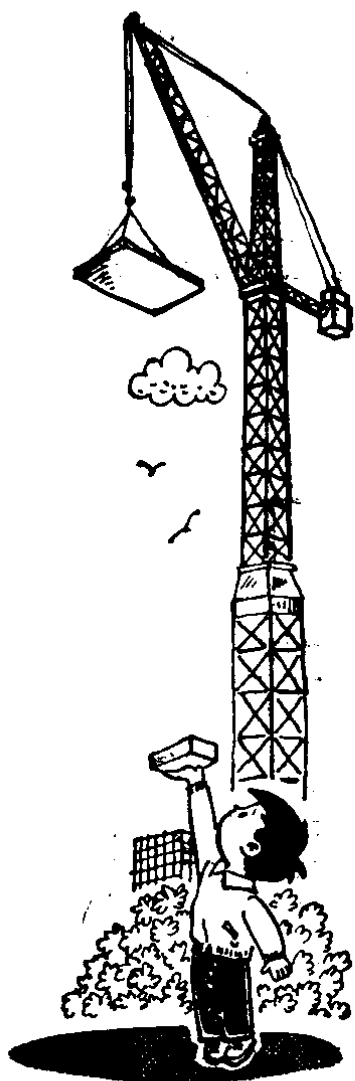


图 4 重力与势能



图 5 热使它运动

太阳给大地带来温暖，这是因为太阳光照到地球上，大地吸收了部分阳光变成了热能。光也是物质的一种运动形式，这种运动所具有的能量就是辐射能。电磁波、X射线与光的运动形式相同，因此都叫辐射能。

带电的物体之间具有电的作用力：带相同电荷的物体之间表现有斥力，带相反电荷的物体之间表现有吸引力，具有电势能。运动着的带电粒子（电流）也具有能量。与这些电磁运动有关的能量是电磁能。

木柴、煤、石油和天然气等物质，在燃烧时会放出热量，这是这些物质与空气中的氧气发生了化学反应的结果；原子能发电站中的“原子锅炉”，是通过消耗核燃料来产生热能的，这种能量是核燃料中的铀原子发生裂变的结果。前者是化学能，后者是原子能，它们都与分子和原子的内部运动有关，是这些微观粒子内部运动的能量。

当物质的运动形式互相转变，能量的形式也随着转化。例如，在火力发电厂里，煤在锅炉里燃烧产生热量，这是化学能转化为热能；水蒸气推动汽轮机旋转，这是热能转化为机械能；飞轮带动发电机发电，这是机械能转化为电能；电流点亮白炽灯泡，这是电能转化为热能和辐射能。总之，物质在运动中相互作用，在作用过程中传递能量，或者由一种形式的能量转化为另一种形式的能量。对于这种过程，我们常说一种物质对另一种物质做了功。

物质的相互作用总是要有一个过程，也就是说，做功总是在某段时间内完成的。为了说明做功的快

慢，我们可用单位时间内所做的功来比较，这就是功率。

可见，做功就是物质间能量的传递和转换。各种形式的作功过程，都服从一个最基本的规律，即能量守恒与转化定律：各种形式的能量只能相互转化，不能凭空创造，也不能消灭。这个规律已被大量的生产实践和科学实验所证实。因此，在任何复杂的物质运动及其相互作用过程中，如果某一形式的能量增加了，意味着所增加的能量是来自于另一种形式的能量；相反地，如果某一种形式的能量减少了，也意味着所减少的能量一定转化成了其它形式的能量，而总的能量是不生不灭、不增不减的。

既然能量只能转化不能创造，这就使我们懂得：要利用能量必须先有取得能量的物质基础，然后遵循自然规律改变这些物质的运动形式，把能量转化成我们所需要的形式。例如，我们要取暖，就需要柴草或煤，并且要有空气和炉子等燃烧条件；要开动汽车和飞机，就得用汽油和发动机；要使水电站发电，就得要有高坝上的水和水轮发电机……这些柴草、煤、石油、高坝上的水叫做动力资源或能源；而这些炉子、发动机和水轮机就是人们利用能源的工具，即动力设备（或称换能器）。所以能源的开发，总包括两个方面，一

是资源的开发，一是动力设备的发明和改进。

尽管世界上处处有运动，处处有能量，但它们都是自然之能，是潜在的力量。人类之所以能创造奇迹，就在于能按自然规律驾驭自然之力去改造世界。人类对于自然规律认识的深化和技术的进步，使得这种创造能力不断扩大，从而构成了几千年的人类文明史。



图 6 从人类到现代文明

中国古代有燧人氏钻木取火的传说，古希腊有普罗米修斯给人类带来火种的神话，这些都说明现代人类的祖先很早就开始利用火了。自从古代人控制了火以后，木柴、干草之类的生物质能便开始被利用起来。由于驯服了一些野生动物，人类又开始利用动物能，如喂马拉车，养牛耕田。后来人们精心制作了风车和水车，自然力能也被利用起来。约在一千年前，人类开掘了煤矿，在十八世纪中期开发了石油，从此，人类开始大规模地利用古生物矿物能源，生产技术得到很大发展。在十八世纪末期，人类建造了水力发电站。1942年，世界上第一座原子反应堆在美国芝加哥大学建立，从此人类进入利用原子能的新时代。

人类大规模地消耗能源，从而建设了现代的文明，但是时至今日，却遇到了一个前所未有的“能源危机”，因此，为社会的生存和发展寻找能源出路已成为各国科学家为之奋斗的目标。

人类为生存和发展寻找能源出路

近年来，能源问题是人们所讨论的重大课题之一。

人类社会为了生存和发展，就要与自然界作斗争，要不断地从事生产活动。但是人类的任何活动都

需要能量，转动着的机器、飞奔的火车和飞机、射向太空的火箭、各种各样的电子仪器、夜间的照明、冬日的取暖……都需要能量，没有能量，世界将是一片漆黑，死气沉沉。

能源，就是指可以向人们提供能量的自然资源。石油、煤炭是当代最广泛使用的能源。随着生产的发展和生活水平的不断提高，能源需求量的增长十分迅速，因此，石油和煤的消耗量在不断增加。近几十年来，全世界石油的需求量差不多每十年翻一番，煤的需求量差不多每二十年翻一番。目前全世界的能源需求量约为 80 亿吨以上的标准煤。近二百年来，世界经济所以能迅速发展，其中一个重要原因是有廉价的能源。可是到了本世纪七十年代，能源供应与需求之间的矛盾就明显地暴露出来。1973 年爆发了众所周知的“石油危机”，在此后的十年里，国际石油价格上涨了 20 倍，使全世界受到了极大的震动，从此，廉价能源的时代一去不复返了。虽然潜在的危机早已存在，但当时大多数人对这一危机缺乏思想上和技术上的准备。然而危机使人们清醒地看到了世界所面临的一个严重挑战，即世界的能源资源是否能永远满足这样增长着的需求？出路又在哪里？

实际上，这个问题是一个早已使许多专家担心的

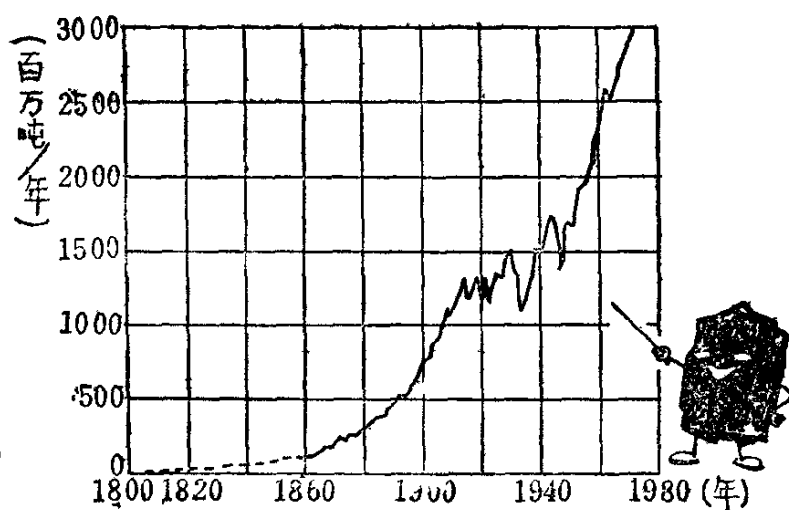


图 7 全世界的煤炭消耗

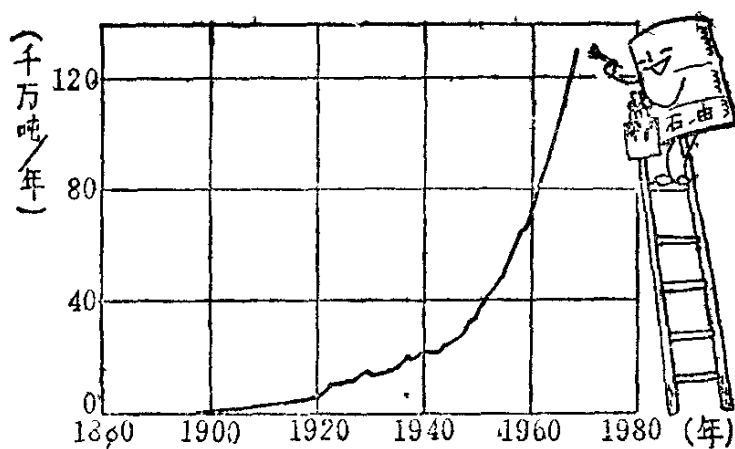


图 8 全世界的石油消耗

问题。地球上的自然资源（特别是石油、煤等可耗尽的矿物能源）是极其有限的，按目前不断剧增的开采量，全世界的石油储量只够开采几十年；全世界的煤炭储量只够采掘几百年。一些无限的非耗尽资源（如太阳能、地热等）的广泛利用还有许多困难（包括技术