



自然科学小丛书

能量的转化与守恒



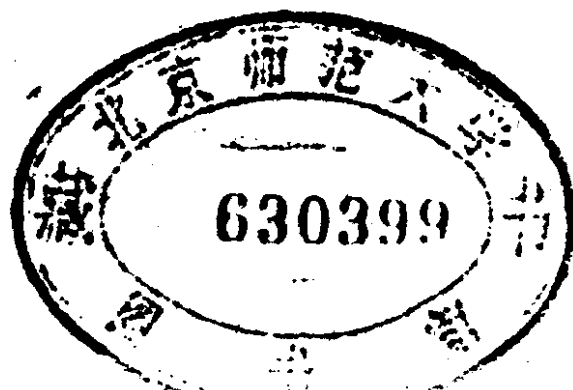
京 出 版 社

541115 07

自然科学小丛书

能量的转化与守恒

何 艾 生



北京出版社

《自然科学小丛书》

编辑者: 北京市科学技术协会

主 编: 茅以升

副主编: 高士其 徐剑平 鲁 刚

编 委: 秦元勋 沈克琦 王 琰

李鉴澄 袁见齐 汪振儒

谢 础 吴佑寿 陈正仁

褚圣麟

物 理

分科编委: 沈克琦 阎金铎 褚圣麟

郑华炽 林 婉 张三慧

自然科学小丛书

能量的转化与守恒

何 艾 生

*

北 京 出 版 社 出 版

新华书店北京发行所发行

北 京 印 刷 三 厂 印 刷

*

787×1092 毫米 32 开本 2.5 印张 38,000 字

1979 年 8 月第 1 版 1979 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—200,000

书号: 13071·78 定价: 0.20 元

编辑说明

为了帮助广大青年、学生和工农群众学习自然科学知识，更好地为社会主义现代化建设服务，我们编辑了《自然科学小丛书》。

这套小丛书是科学普及读物，它以马克思主义、列宁主义、毛泽东思想为指导，用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点，结合生产斗争和科学实验的实际，介绍自然科学基础知识。在编写上，力求做到深入浅出，通俗易懂，适合具有初中文化水平的广大读者阅读。

由于我们水平有限，又缺乏编辑科学普及读物的经验，难免有缺点和错误，恳切希望读者批评指正。

目 录

一 从功的概念谈起..... 2

“功”的概念是怎样建立的(2) 这几种
机器如何做功(5) 再谈做“功”(8)
谁做功更快(12) 机械功的原理(14)

二 机械能18

子弹的杀伤力是从哪里来的(18) 用打
桩机可以说明多少问题?(22) 弹簧的
物理学(25) 机械能的转化和守恒定
律(30)

三 热能32

用摩擦焊接金属(32) 子弹的动能从何
而来?(34) “热”的本质是什么?(36)
热功当量的意义(40) 永动机的幻灭
(43) 夏天结冰的秘密(46) 热机的效
率能够达到百分之百吗?(49) 第二类
永动机是不可能制成的(53)

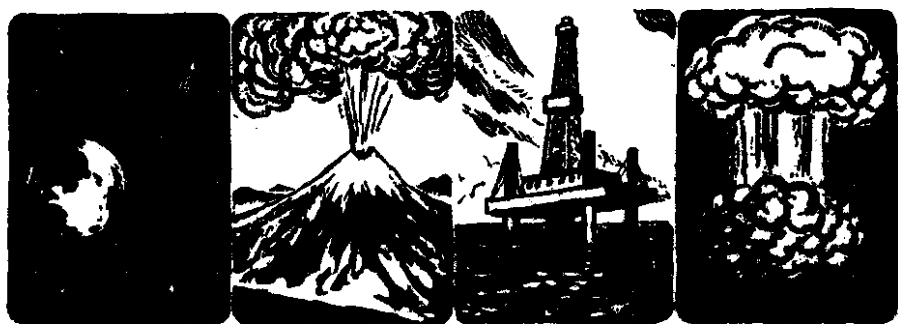
四 电能、原子能及其他形式的能量.....54

复杂的电世界(54) 让电流做功(58)

化学能和电能(60) 生命和电流(62)

形形色色的发电设备(65) 原子能的释放(70)

五 能量的转化和守恒定律.....74



宏大无边的宇宙，群星闪烁。一颗浅蓝色的星球不断旋转、运动着，这就是我们居住的地球。现在，当然没有人再怀疑地球是绕太阳转动的星体了。而且我们还认识到太阳不过是银河系中的一员，太阳也在银河系内运动。银河系外还有别的运动着的星系。无垠的宇宙中，一切物质都在运动。

在地球上，群山寂静，大地沉睡只是表面现象。强烈的地震、火山的爆发提醒我们，在我们的脚下岩浆沸腾，大陆飘移，坚硬的岩石在强大的压力下也会改变形状。

就连水滴里也没有平静。有人把花粉放在一滴水里，在显微镜下，令人惊奇地看到花粉好象被什么东西冲撞着，无规则地东跑西窜。这肉眼看不见的东西被证明是水的分子，分子处于无规则地运动之中。

当我们深入到原子内部，发现这里是由许多极微小的粒子(电子、中子、质子等)组成的微观世界，这

些微小的粒子同样处在运动之中。

这样我们能够断言，运动是物质存在的形式。

经过漫长曲折的认识过程，人类才知道物质的各种运动形式(无论是宏观世界还是微观世界)是可以用同一个概念去衡量，这个概念叫做能量。而能量转化和守恒定律则精确地反映了“各种运动形式的共同点”及其相互依赖相互转化的关系。因此深刻领会能量概念和能量转化与守恒定律就具有重要的意义。

在这本书里将介绍功和能量的概念，以及能量转化与守恒定律。

一 从功的概念谈起

“功”的概念是怎样建立的

提起物质的运动，很容易使人们想起飞驰的列车、运转的车床、划破蓝天的银燕……在这类运动过程中，运动物体的位置都发生了显著的变化。这类位置发生变化的运动叫机械运动。和其他运动相比（例如化学变化，原子的运动），机械运动是最简单的运动。在生产中，机械运动起着重要的作用，许多基本概念也是从这里引出的。

谁都知道，在劳动的时候，只要用力大一些、跑的路多一些，干的活就多。在这类简单而常见的现象里，包含着十分重要的规律，值得我们进行分析和研究。

拿开汽车来讲，司机把汽车发动起来之后，发动机便通过传动装置，使汽车的主动轮旋转起来，这时，地面给主动轮以向前的摩擦力，正是这个摩擦力推动汽车前进，这个力叫做汽车的牵引力。牵引力推动汽车由慢而快地向前行驶。当然，牵引力越大，汽车就能装得越多，跑得越快。但是，无论司机怎样开车，汽车都不可能一下子突然达到最高速度。汽车的最大速度是在汽车行驶一段路程之后才逐渐得到的。

再举个例子，在短跑比赛的时候，枪声一响，运动员们便如箭离弦地冲了出去。但是，他们不能从一开始跑就达到最大速度。他们的最大速度，也是通过起跑后的一段距离内逐渐得到的。这样看来，物体受到力的作用，便会产生由慢而快的运动（也就是速度由小到大）的效果，这种效果是可以通过物体所走的路程来积累的。

我们再来观察刹车的情形。刹车后，汽车的牵引力没有了，只是摩擦阻力对它起作用，于是汽车向前冲出一段距离之后便停了下来。这时汽车原有的机械运动消失了，但是汽车的车轴和轮胎却因此而发热。

所以，我们说机械运动转化成了热。可想而知，当摩擦力不变时，汽车冲出的距离越长，车轴和轮胎得到的热量也越多。摩擦力的这种效果也是通过路程而积累起来的。

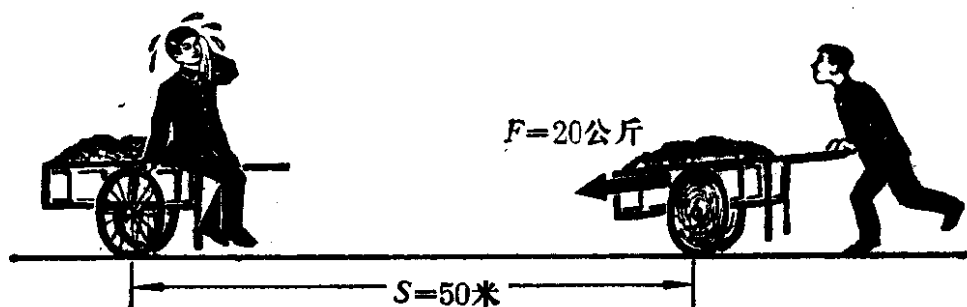
在水电站里，水流的冲击力使水轮转起来，水轮就带动发电机发电。如果我们把水轮转过的圆弧长度，看作它通过的路程。那么，也可以说，水流冲击力在路程上积累起来的效果，是使机械运动（水轮的转动）变成了电。

从上面这些例子里，可以得出两个结论：第一，物体做机械运动时，力作用的效果，不仅同力的大小有关系，而且同移动的距离有关系；第二，物体的机械运动与其他形式的运动（热现象和电现象都是物质的某种运动形式）是可以互相转化的。

在物理学上，把物体受力发生移动的过程叫做做功过程，并且把力和物体沿用力方向移动的路程的乘积叫做机械功，简称功。这就是功的定义。写成公式：

$$\text{功} = \text{力} \times \text{路程}$$

功有单位，它是这样规定的：因为平常测量力的大小是用公斤做单位的，路程用米做单位，于是功就用“公斤·米”做单位。例如，用 20 公斤的力推车走



$$\text{功} = 20 \text{ 公斤} \times 50 \text{ 米} = 1000 \text{ 公斤} \cdot \text{米}$$

图 1

了 50 米,那么功就是 $20 \text{ 公斤} \times 50 \text{ 米} = 1000 \text{ 公斤} \cdot \text{米}$ (图 1)。

功的另一种单位叫做焦耳。这是由于力还有一种单位叫做牛顿, $1 \text{ 牛顿} = \frac{1}{9.8} \text{ 公斤}$ (大约相当二两重的力)。如果你用 1 牛顿的力使物体前进 1 米,你做的功就是 1 焦耳,即 $1 \text{ 牛顿} \times 1 \text{ 米} = 1 \text{ 焦耳}$ 。可见,焦耳就是牛顿 · 米,并且 $1 \text{ 公斤} \cdot \text{米} = 9.8 \text{ 焦耳}$ 。

这几种机器如何做功

一切机械都要做功,并且通过做功为人类创造财富。不过具体说来,各种机械做功的方式各不相同,需要加以分析。

下面我们先介绍一种“顶管”的技术。大家知道,埋设地下管道,一般先挖好沟,再铺下管子。但是,“顶管”技术却不用挖沟,而是在一定深度的土层中,

用强大的顶推力把钢管(或钢筋混凝土管)一节节顶入土层, 图 2 可以帮助我们了解这种施工过程: 首先作好工作坑, 坑内安装好油泵和油缸, 当油泵送来一定压力后, 油缸的活塞杆便自行徐徐顶出, 推动顶铁前进, 顶铁再推动钢管前进。每顶进一个冲程(一般 1 米左右), 活塞便缩回, 出现的空隙再填进顶铁。管子的前端还装上一个活络头部和一组专用导向油缸, 用来控制顶进的方向。

很明显, “顶管”的工作主要是靠油缸做功来完成的。在一个冲程里油缸做的功应当等于油缸的顶力(大约几百吨到几千吨)乘以每个冲程的长度(即活塞杆走的路程)。

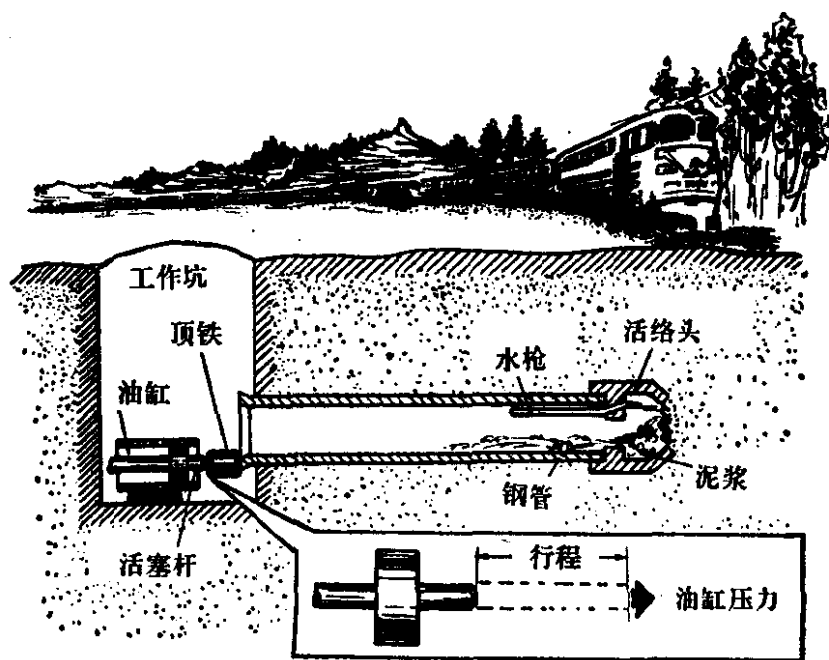


图 2

在建筑工地上身驱高大的塔式起重机是引人注目的。起重机是怎样做功的呢？假定起重机用 w 吨力起吊货物，起重高度是 h ，那么起重机做的功应当是 $w \cdot h$ 。例如，国产 ZT 120 型自升塔式起重机，最大起重高度是 160 米，在臂幅度为 30 米时它的起重量为 4 吨。起重机能做的最大的功 = 4000 公斤 $\times$ 160 米 = 640000 公斤米(图 3)。

最后我们介绍另一种产品——w2—100 型液压挖

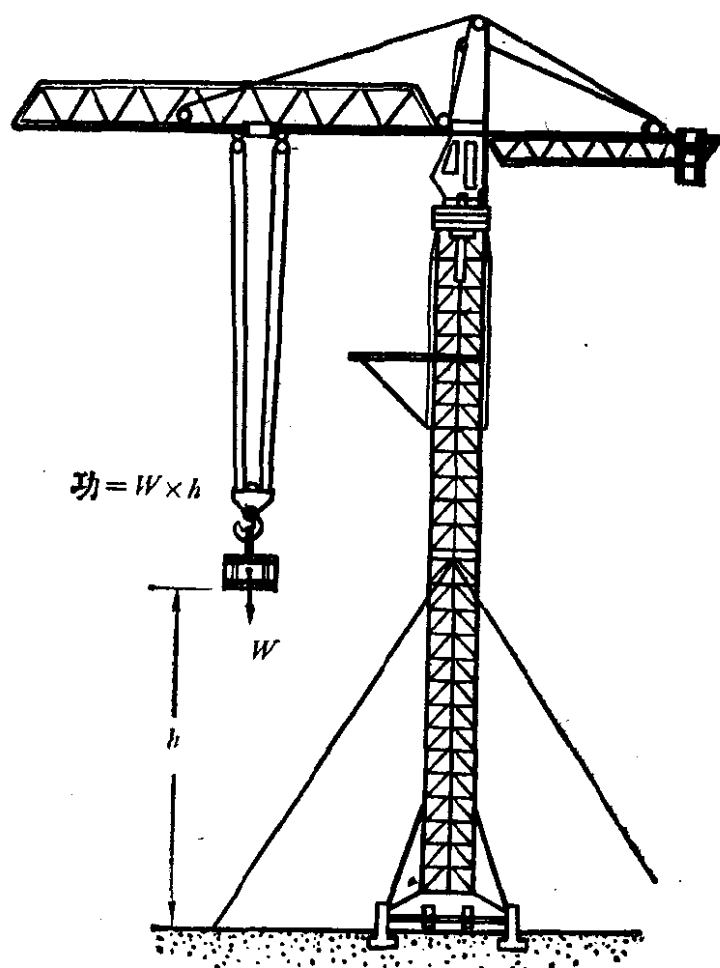


图 3 塔式起重机

掘机。这种挖掘机的主要特点就是在它的上动臂、下动臂、斗杆上都安装了大型油缸(图4)。在工作的时候,当高压油注入油缸时便产生强大的压力,把活塞杆向前推出,于是各个活塞杆就推动上动臂、下动臂、斗杆和铲斗完成挖掘的动作。显然每个油缸里的活塞在运动的时候都要做功,其大小是油缸的压力与活塞杆行程的乘积。各个油缸做功的总和就是挖掘机所做的功。

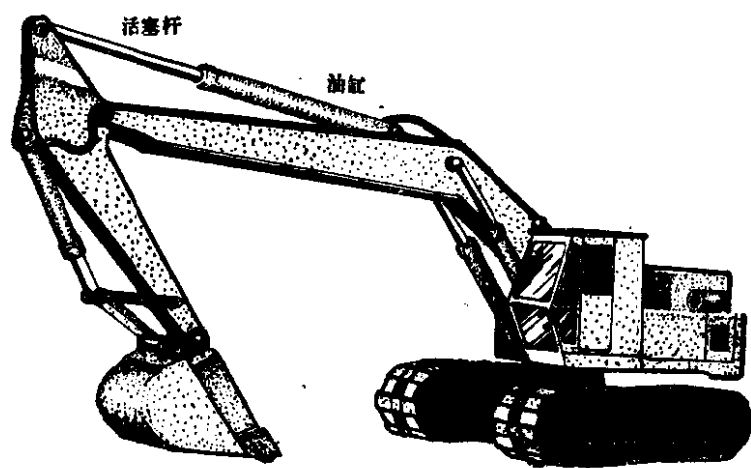


图4 液压挖掘机

再谈做“功”

通过上面对机械做功的分析,我们已经初步体会到了“功”这个概念。下面我们继续对做功的过程作进一步的分析,以便正确地全面地理解“功”的概念。

从定义里可以看出“功”包括两个因素,一个因素

是力，另一个因素是沿着力的方向移动的路程。这两个条件缺一不可。譬如物体如果不受外力作用只凭惯性运动，那么不论物体运动多远也不能说做了“功”；又如，物体受到竖直向上的力，而物体运动的方向是水平的，这时，也不能说这个竖直向上的力对物体做了功。可见，力对物体做功必须是物体在力作用下，沿力的方向移动了一段路程。但是，在更多的情况下，物体运动的方向和作用在它上面的力的方向并不完全一致。对这类情况，该如何分析呢？

图 5 表示两种马车做功的情况，若甲马和乙马都用 100 公斤力拉车，并且都前进了 10 米。所不同的是甲马用力方向和马车运动方向完全一致，而乙马是斜向上方用力，这个力和地面成 30° 角。很容易看出甲马做功 = 力 $\times$ 路程 = 1000 公斤米。而乙马车的情况则不同，因为乙马车前进 10 米并不是沿着乙马用力方向移动的路程。在这种情况下，我们应用平行四边形法则把乙马拉车的力 F_2 分解成为二个互相垂直的分力：

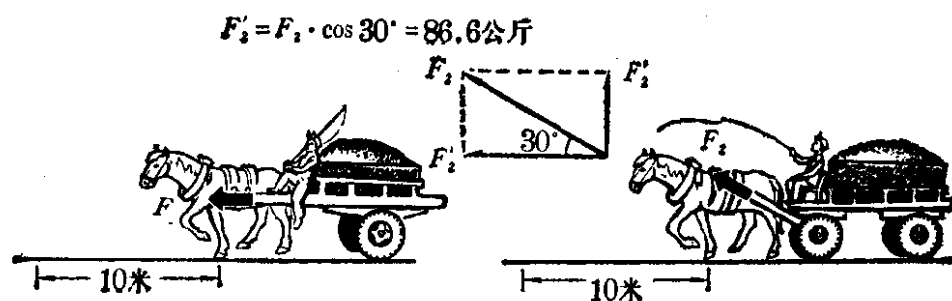


图 5

F_2'' 和地面垂直，叫垂直分力； F_2' 和地面平行，叫水平分力。显然水平分力 F_2' 和运动方向是一致的，它使马车沿水平方向运动。因此，根据“功”的定义它做的功 $= F_2' \times 10$ 米。又因为 $F_2' = F_2 \cdot \cos 30^\circ$ ，所以水平分力做功 $= F_2 \times \cos 30^\circ \times 10$ 米 $= 866$ 公斤米。垂直分力 F_1 没有做功，这是因为马车在垂直方向上没有移动。归结起来，乙马做功就等于 866 公斤米。

这个例子，可以推广到一般情况。假定物体在力 F 的作用下通过一段路程 S ，并且 F 与 S 成 α 角，那么力 F 做的功应当多大呢？我们仍旧将 F 分解为二个相互垂直的分力。垂直分力 F'' 没有做功；水平分力 F' 和运动方向一致，它做的功 $= F' \cdot S$ 。所以力 F 做功实际上就是水平分力 F' 做功。力 F 做的功用 A 表示，

$$A = F' \cdot S = F \cdot S \cdot \cos \alpha$$

由功的定义所推断出的这个公式，具有更普遍的意义。它概括了以下几种特殊情况：

第一种情况，当 $\alpha = 0^\circ$ 时，力 F 和运动方向完全一致，这时 $\cos \alpha = 1$ ，功 $A = F \cdot S$ 。这就是我们最初所说的公式。

第二种情况，当 $\alpha = 90^\circ$ 时，力 F 与运动方向垂直，这时 $\cos \alpha = 0$ ，功 $A = 0$ 。与运动方向垂直的力不

做功，这一点已一再说过，这里再举一例说明。假如某人头顶重物，在水平道路上走了二里路，那么他头顶重物做了多少功呢？由于这人是向上用力顶着重物的，此力与他所行路程垂直，所以他虽然走了二里路，但是所做功还是零。或许有人不服气：干了半天活怎么能说一点功都没做呢？其所以会产生这样的问题，是因为他们不了解功是反映物体运动形式变化了多少的概念。在头顶着重物，向上用力的方向上，物体的高度、速度都没有发生变化，也没有因摩擦作用使机械运动转化为热的现象发生。因此，在垂直方向上运动形式没有变化，这那里谈得到做功呢？由此可见，“功”虽然和我们平日讲到的“工作”“干活”等日常用语有密切关系，但它是具有严格定义的物理概念，是不能混淆的。

第三种情况，当 $\alpha = 180^\circ$ 时，力 F 与运动方向恰好相反。这时 $\cos\alpha = -1$ ，功 $A = -F \cdot S$ 。这里功是负值，又应当如何理解呢？假如有一个小球在地上滚动，最后由于地面的摩擦阻力停了下来。摩擦阻力的方向和小球前进的方向相反，起着阻碍小球运动的作用。小球依惯性朝前运动的过程中，要不断地克服摩擦力的阻碍，结果小球运动越来越慢，最后停了下来。换句话讲，小球克服阻力做功是以消耗本身的机