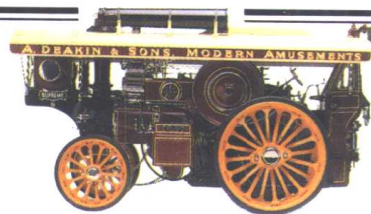


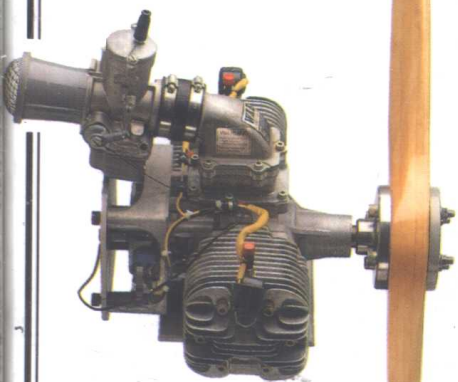


目击者丛书  科学博物馆



力与运动

来！跟随目击者丛书一起探讨
运动中的宇宙、机械的妙用和各种运动现象！



生活·读书·新知 三联书店 英文汉声出版有限公司

出版者的话

这是我们向读者奉献的一份特别礼物。

英国DK出版社的这套《目击者》丛书，刚一出版就夺得了博洛尼亚国际书展的大奖。它以一流的摄影、编排和印刷，为读者营造了一个现场目击的氛围；更以一流专家生动精彩的导引，伴随着你漫游浩瀚的知识海洋。视觉效果之卓越，知识传播之深入，叹为观止，深受全世界读者的喜爱。

我们作为“青少年成长计划”之一推出的这套编印制作完全国际水准的丛书，是《目击者》的精选，包括自然博物馆，科学博物馆，~~人文博物馆~~，生活博物馆，以及《小小目击者》等系列。这些当代最新的基本科学人文知识，是做一个现代人的必需。

一流的书终将培育出一流的人才，《目击者》将带领你进入一个无限美丽的世界。

* * *

《目击者丛书·自然博物馆》的推出，受到无数读者的喜爱，更令人高兴的，今天我们又盼来了《科学博物馆》的出版。

科技教育要从小抓起，这套以精美图像为导引的科普读物，涵盖了古今科技文明及种种尖端科学新知，是知识性与艺术性的完美结合，更是生动活泼、寓教于乐的科普课堂。

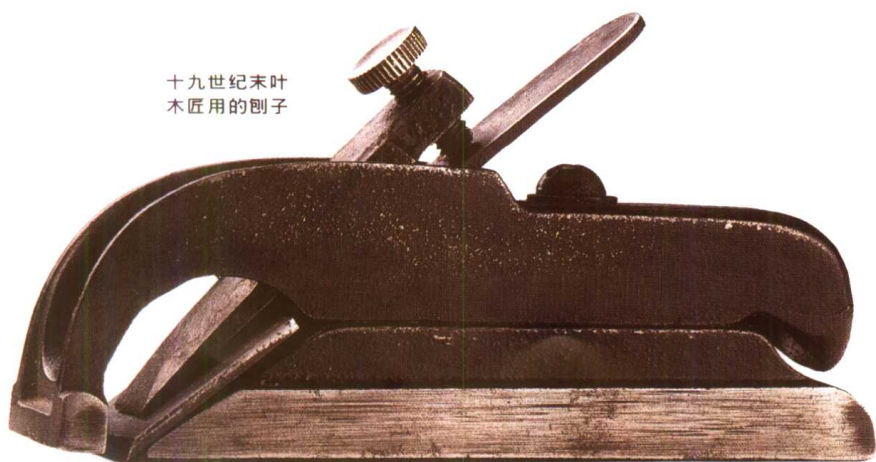
科普是一门大学问，是不容忽视的起跑线，《科学博物馆》将充份展现其科学本身的光彩与魅力，带领你进入这个博大精深的科学殿堂。

目击者丛书  科学博物馆

力与运动



十九世纪末叶
木匠用的刨子



青铜器时代的斧头



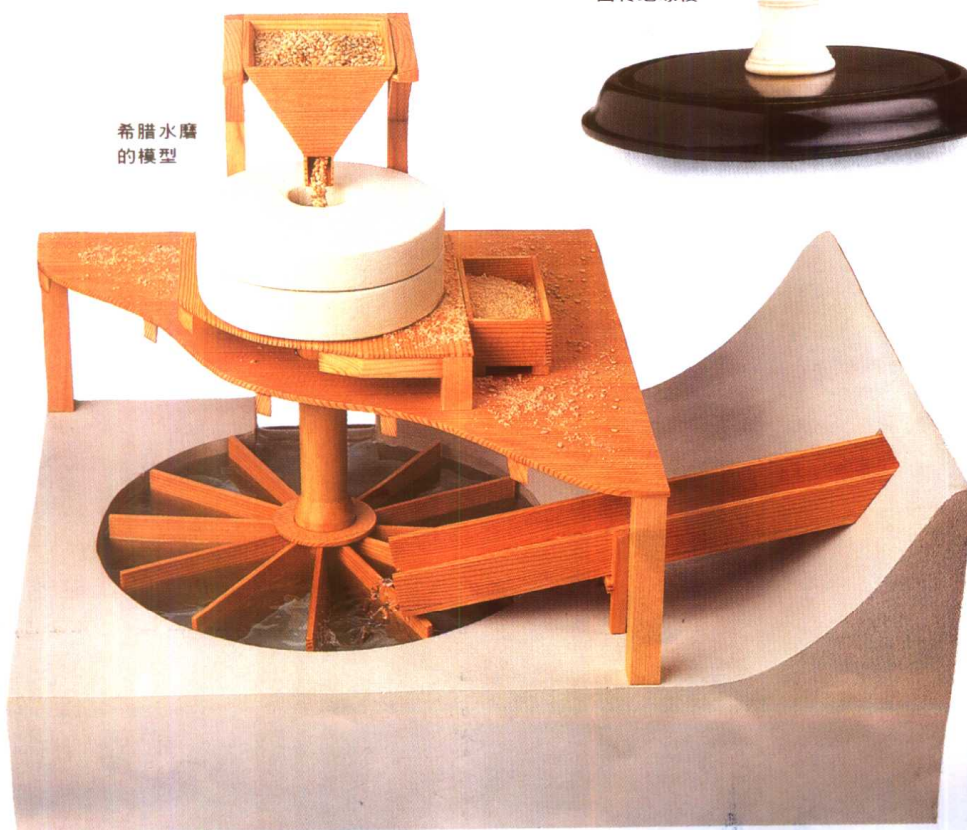
公元1935年的万向接头



回转地球仪



希腊水磨
的模型



十八世纪
制造的用来示范
滑轮拉力的装置





公元 500 年左右的
机械历内部齿轮

目击者丛书  科学博物馆



旋转中的陀螺仪

力与运动

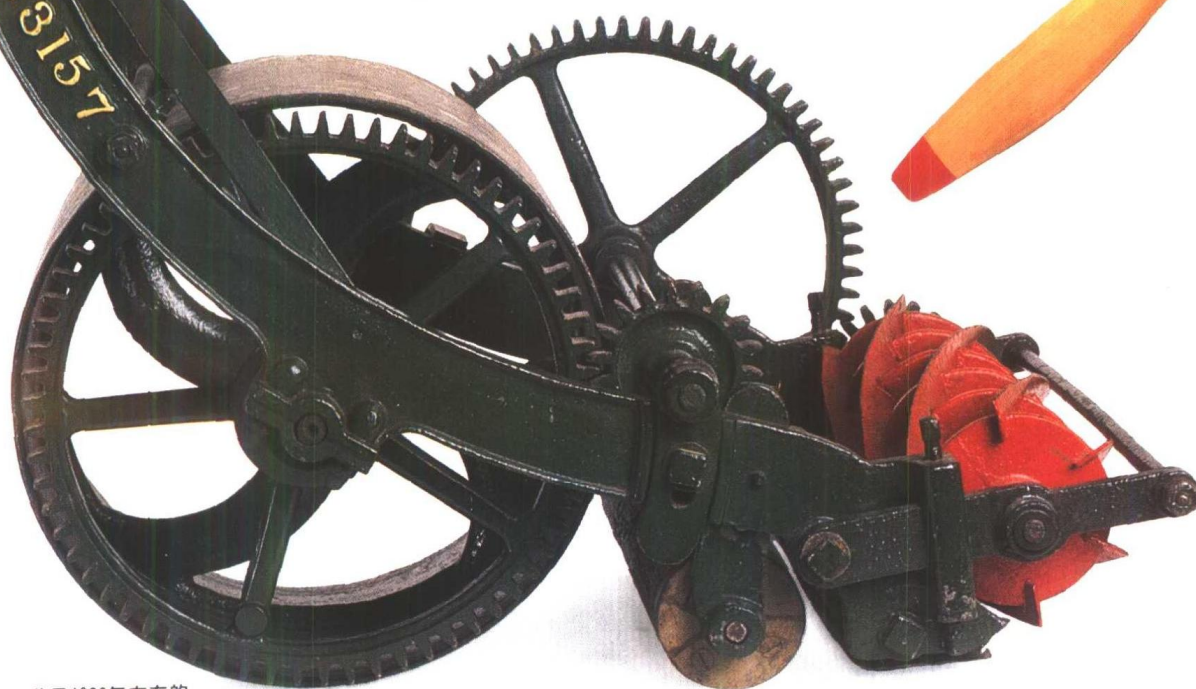
彼得·拉佛提 著
英国伦敦科学博物馆监督制作



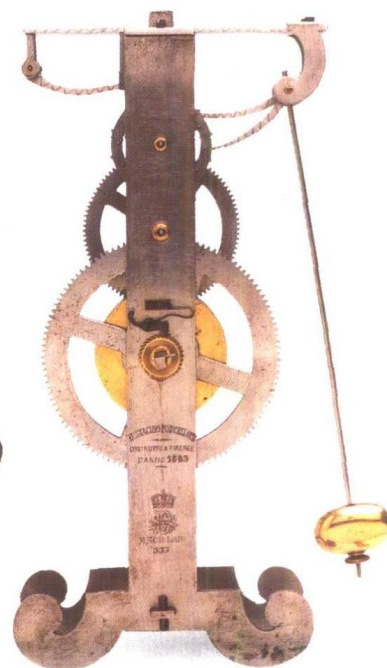
螺纹



双汽缸飞机发动机



公元1830年左右的
最早的割草机



公元1883年制造的由
伽利略设计的钟摆时钟



生活·读书·新知 三联书店
英文汉声出版有限公司

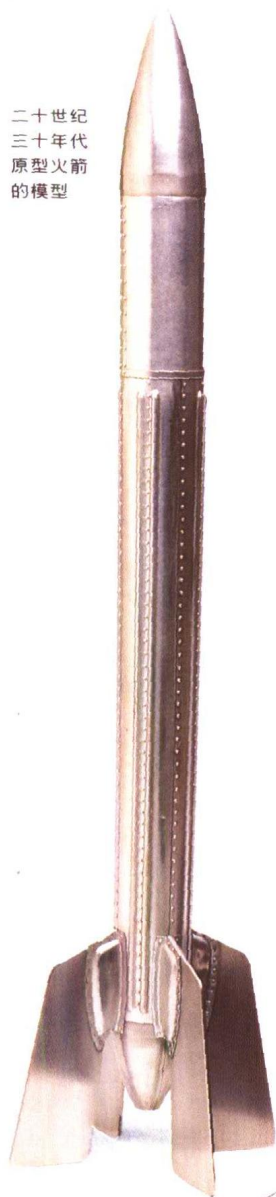
汉声



北京联大 00030785

150546

二十世纪
三十年代
原型火箭
的模型



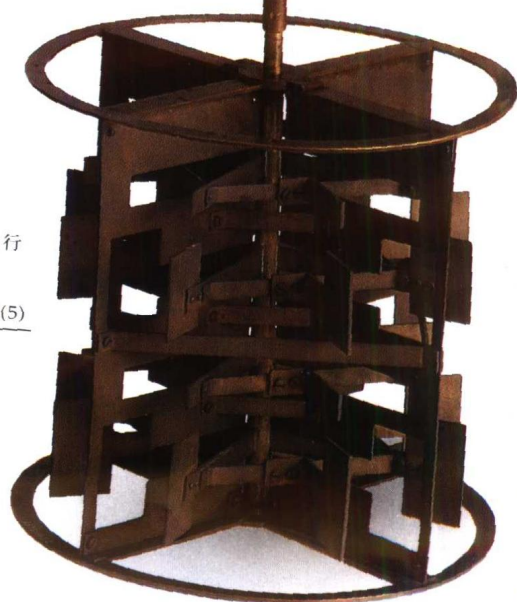
罗马起重机的
复制品，动力
来自踏车



十九世纪船上
用的绞盘



焦耳的实验装置，
用来测定热功当量



策 划：董秀玉
黄永松
吴美云
本书审订：陆一平
翻 译：叶李华
修 文：孙义方
梁秀玲
陈季兰
责任编辑：潘振平
石晓光
特约编辑：张锡昌
李顺祺
美术编辑：郑美玲

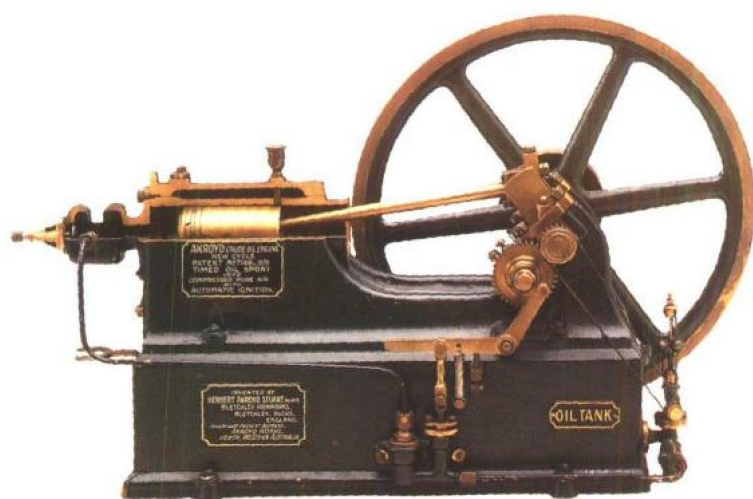


A Dorling Kindersley Book
Eyewitness Science: Force & Motion
Text & Illustrations Copyright © 1992
Dorling Kindersley Limited, London
People's Republic of China edition published by arrangement
with Dorling Kindersley Limited, London,
through ECHO Publishing Co. Limited, Taipei
简体中文版授权予 生活·读书·新知三联书店 出版发行
英文汉声出版有限公司

力与运动 LIUYUYUNDONG 目击者丛书：科学博物馆(5)
出版发行：生活·读书·新知三联书店
英文汉声出版有限公司
北京东城区美术馆东街22号
制 作：北京新知电脑印制事务所
印 刷：Toppan Printing Co., (Shenzhen) Ltd.
版 次：1996年11月第1版第1次印刷
规 格：280 × 216 mm
国际书号：ISBN 7-108-00979-X/G · 198
定 价：63.00元
(版权所有 不准翻印)

目 录

运动中的世界	6
斜面和劈的应用	8
轮和轴	10
阿基米德螺旋泵	12
浮和沉	14
杠杆	16
滑轮	18
齿轮	20
复杂机械	22
伽利略的运动学	24
炮弹的科学	26
牛顿的机械宇宙	28
牛顿运动定律	30
引力：长距离作用力	32
重量和质量	34
碰撞	36
摩擦力	38
能量	40

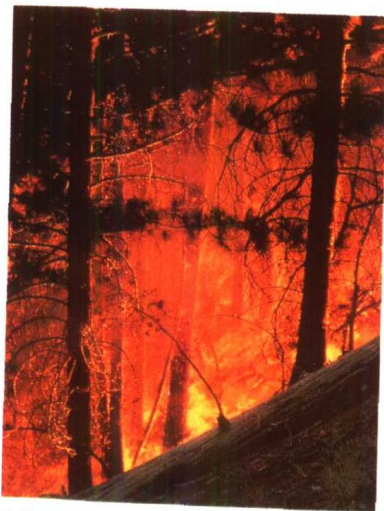


斯图尔特 (Herbert Akroyd Stuart) 设计的
原油发动机模型，公元1890年取得专利

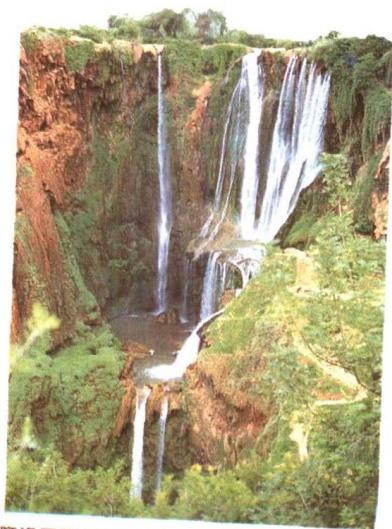
合力	42
压力和流体	44
周而复始	46
大振动	48
波动	50
转圈圈	52
螺旋运动	54
陀螺	56
速率的极限	58
爱因斯坦的引力理论	60
基本作用力	62
索引	64

运动中的世界

我们的世界一刻也未曾静止过：城市中车辆川流不息，乡间有飞机在空中翱翔。这些交通工具都是由引擎驱动的。引擎也称为“发动机”，是复杂机械，能够产生推力或拉力来驱动交通工具。但是，机械究竟如何产生动力，而动力又怎样造成运动的呢？自然界各式各样的运动现象是怎么一回事？什么东西流动形成风？河水怎么会流动？太阳和月亮为何会横越天空？是不是所有运动的物体都是被力驱动的呢？几千年来，不断地有人探讨这些问题。古希腊的思想家，如亚里士多德，以为他们已知道正确答案，可是他们的想法又被后来的科学家推翻。过去几世纪以来，伽利略、牛顿和爱因斯坦等科学家都陆续研究过这个运动中的世界，结果发现它比亚里士多德想象的要奇妙而神秘得多。



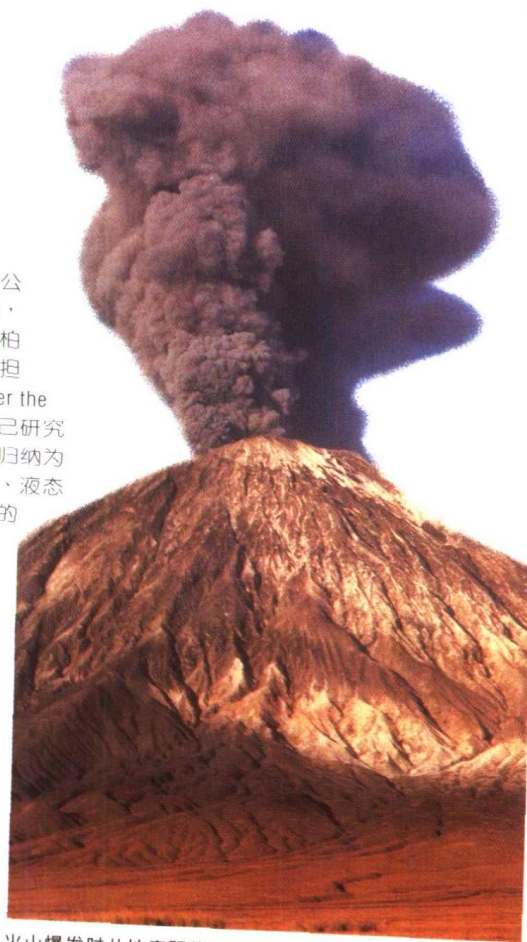
森林大火所产生的烈焰和浓烟升到空中



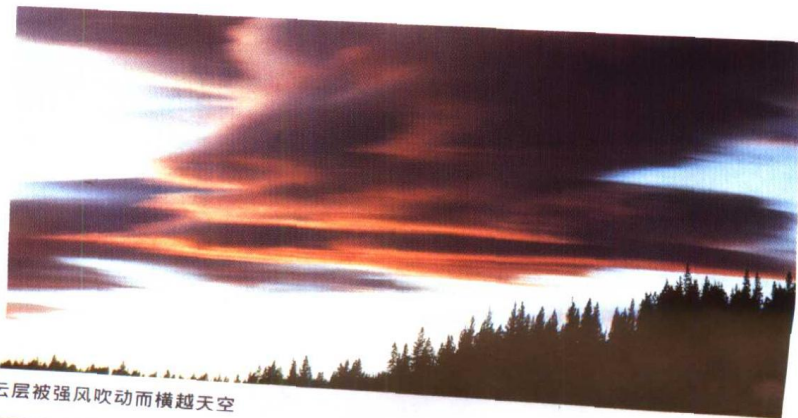
摩洛哥阿特拉斯山区瀑布的水从岩壁流泻而下

四种元素

亚里士多德(Aristoteles)在公元前 384 年生于希腊北部，卒于公元前 322 年，他是柏拉图(Plato)的学生，后来担任亚历山大大帝(Alexander the Great)的教师。他根据自己研究自然现象的心得，将物质归纳为四种基本形式：固态的土、液态的水、气态的空气和炽热的火，并且称它们为“元素”。他相信如果没有受到其他影响，这四种元素终究会回到自然的状态。例如：水中的尘土会下沉，气泡会冒出水面，而空气中的火焰则往上升。力是由于这些元素试图回到原来的状态而产生的，像地震和火山爆发就是空气和火要挤出地表的结果。



火山爆发时从地底释放的火焰和气体冲破地壳

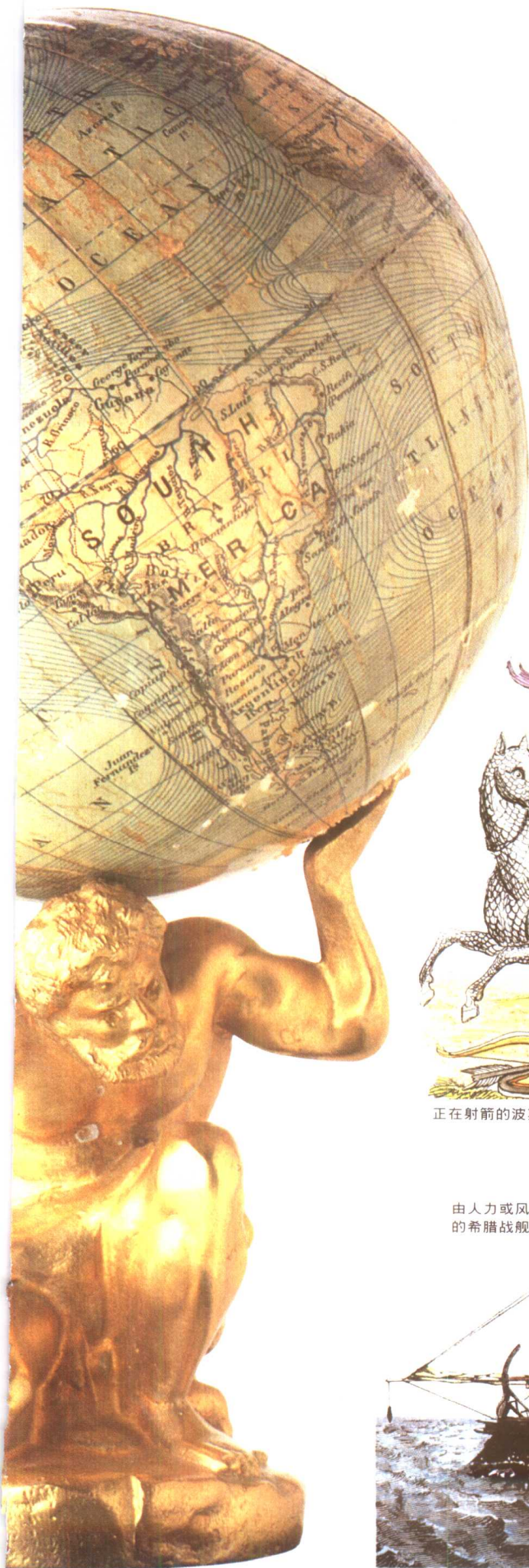


云层被强风吹动而横越天空



水晶球壳

右图是希腊神话中的巨人阿特拉斯将地球扛在肩膀上的雕像。地球和日月星辰被什么支撑在天空中，以及如何运动等问题，自古以来就困扰着许多思想家。亚里士多德在《气象学》一书中，提出了他对上述问题的解释：水、空气和火形成了围绕地球的球壳，在这三层球壳之上，还有一组透明球壳容纳着运转中的行星和恒星。他认为这些球壳由水晶般坚固透明的物质所形成，这种物质并不遵守支配地球元素的自然定律，因此行星和恒星的运动无须力的驱动。相反的，在地球上任何物体都必须有力的作用才会运动，如果力消失，则运动停止。



公元前 650 年左右的亚述浮雕，
描绘战士们驾着骡拉的战车



投掷铁饼和标枪
的希腊运动员

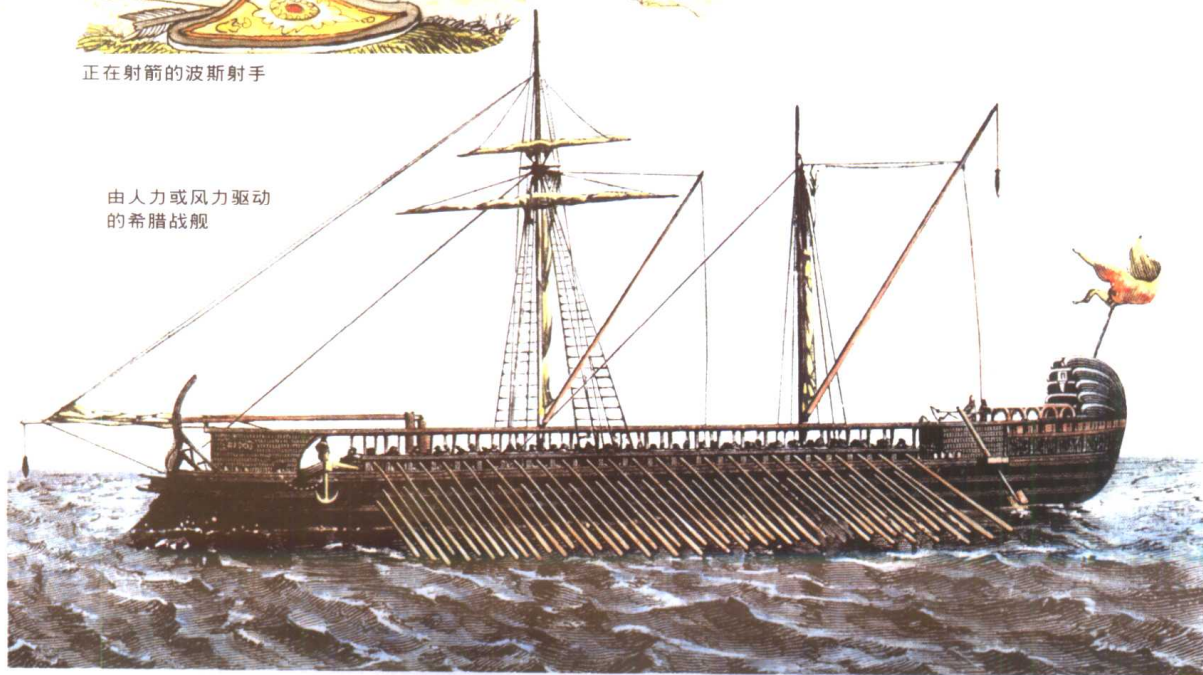


正在射箭的波斯射手

更强的力

古希腊人早就知道人力和大自然力比起来是很微小的，因此他们开始研究增强人力和驾驭自然力的方法。结果发展出许多简单的机械，也就是可以放大力或是转换力的装置。例如：战车的轮、轴，使得一匹马可以载更多的战士；弓使箭射得比徒手投掷的标枪还要远；利用风力的帆船能够航行得更快更远。

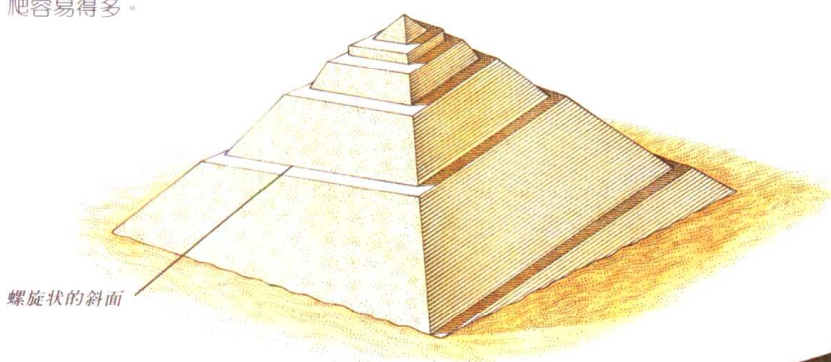
由人力或风力驱动的
希腊战舰





蜿蜒的山路

迂回的山路就是一种简单机械，车辆沿着这种形状的路上山，会比直线攀爬容易得多。



建造金字塔

本图中有一个螺旋状的斜面沿着金字塔上升，就像蜿蜒的山路一样。和沿着金字塔侧面直接上升的斜面比较起来，螺旋斜面长度较长但坡度较小，这表示沿着螺旋斜面将石块拖上去较为省力。当然沿着这种斜面需要拖更长的距离，因为必须绕着金字塔转好几圈才能到达顶点。

机械利益

右页图中的四个工人正费力地将一块石头垂直拉起。假设不计摩擦力（见38页），本页图中的工人单独一人就可沿着斜面将石头拖上同样的高度。虽然石块重量相同，但使用斜面却较省力，可以施较小的力（一个工人的拉力）去克服较大的阻力（石块重量）。由于斜面可以省力，我们说斜面提供了“机械利益”。光滑的斜面使一个工人可以完成四个工人的工作，所以机械利益等于4。这是因为斜面的长度是高度的四倍，也就是说右方工人拖动石块的距离是最左方工人的四倍。如此一来，增加石块移动的距离虽然可以减少所需的力，但是工作时间延长了。

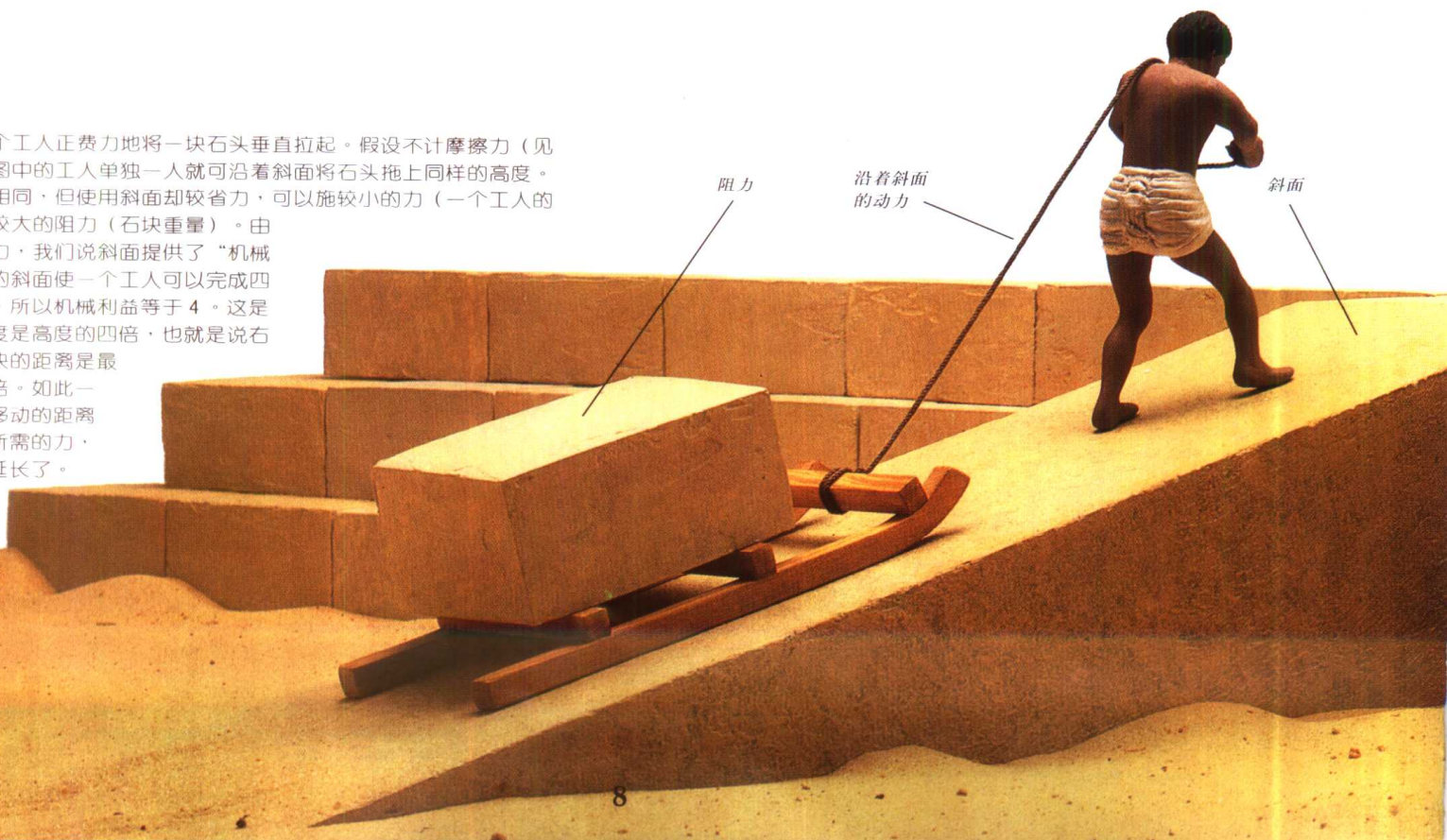
斜面和劈的应用

古埃及人如何搬运巨大的石块来建造金字塔？答案很令人惊讶，那就是他们已经懂得利用机械。不过他们用的并不是具有轮、轴、齿轮的复杂机械，而是极简单的装置。一般来说，机械都能使力变得更有用处。有些用来将力由一处传到另一处，有些则用来转换力，让小小的外力产生较大效果。到目前为止，没有人确实知道埃及人如何搬运巨大石块来建造金字塔，不过可以想见的是，他们必定使用了简单的机械——也许就是斜面。他们可能沿着逐渐增高的金字塔建造斜面，利用这个斜面把石块拖上去，这样比将石块垂直向上拉要容易得多。因为沿着一个非常光滑的斜面往上拖动石块所需的力，小于石块本身的重量。不过，需要拖曳的距离则大于石块上升的垂直高度。



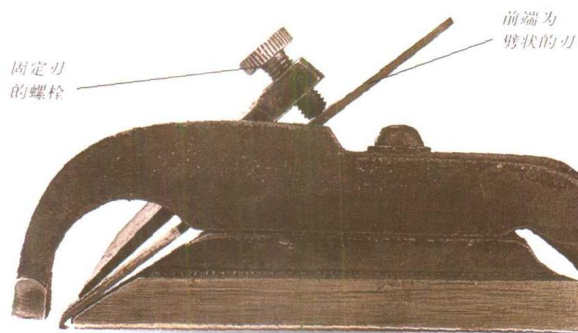
青铜器时代的斧头

斜面有许多不同形状，“劈”就是最常见的一种，而斧头正是锋利而装有把手的劈。正如斜面能让我们以较小的力拉起较重物体一样，挥动斧头的较小的力，也足以使物体劈开。三角形的门挡也是劈的应用，它可以插入门和地板之间，将门固定。此外切割物体的刀刃和剪刀刃也都是劈。



拉链

右图是早期的法国式拉链，利用斜面使两排链齿分合。拉链中可以滑动的部分包含一对劈。当我们拉开拉链时，劈的一侧使得两排链齿分开；拉上拉链时，另一侧则使链齿结合。这些劈的作用是将拉拉链所用的微小的力，转换成足以使链齿分合的强大力。



木匠用的刨子

刨子的刃也是劈。刨刃以很大的力切入木材削去表面，使原本粗糙的木材变得光滑。农夫用的犁也具有相同的原理，在土中拖曳劈状的犁，可以切割并翻转泥土。

互相嵌合的齿

拉链中可滑动的部分

螺栓

螺丝钉

旋转的力量

螺栓和螺丝钉是斜面的变形，它们的斜面缠绕着一个圆柱体。跟所有斜面一样，螺栓和螺丝钉也是用来改变力的大小和方向的。当我们把螺丝钉旋入木材时，要旋转许多次才能把螺丝钉旋进一点点，因此螺丝钉旋进木材的力，比我们转的力要大得多。

向下的外力产生横向的力而将柴劈开

动力

劈

柴

劈柴

劈可以用来砍柴，它可将向下的外力转换成把柴劈成两半的横向的力。使用如上图的劈砍柴时，劈深深地砍进柴中，只能使柴裂开一点点。由于劈的纵向运动距离，比柴的横向运动距离大得多，所以劈砍下去的力和柴横向裂开所受的力是不相等的。也就是说，柴所受的横向力远大于将劈砍入的纵向外力。

垂直的动力

阻力



拉坯用的转轮

在这幅公元1822年的画中，印度陶匠正用脚推动转轮，使轮轴产生旋转的力而带动置于其上的黏土。

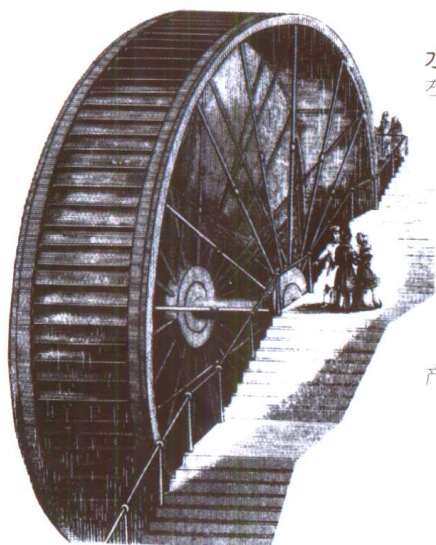
轮和轴

轮是一种非常古老也非常有用的发明，除了用在交通工具上，它还有许多其他的用途。当轮绕着中间的轴旋转时，就是一种可以传递或省力的简单机械。和所有的机械一样，当运动的作用距离变长，作同样功所需要的力就相对变小。所以在轮的边缘施力使它旋转，比在轴上施力还要省力，水车和绞盘是最明显的例子。此外，日常生活中还有更多轮轴的应用，例如圆形的门把手和水龙头等。



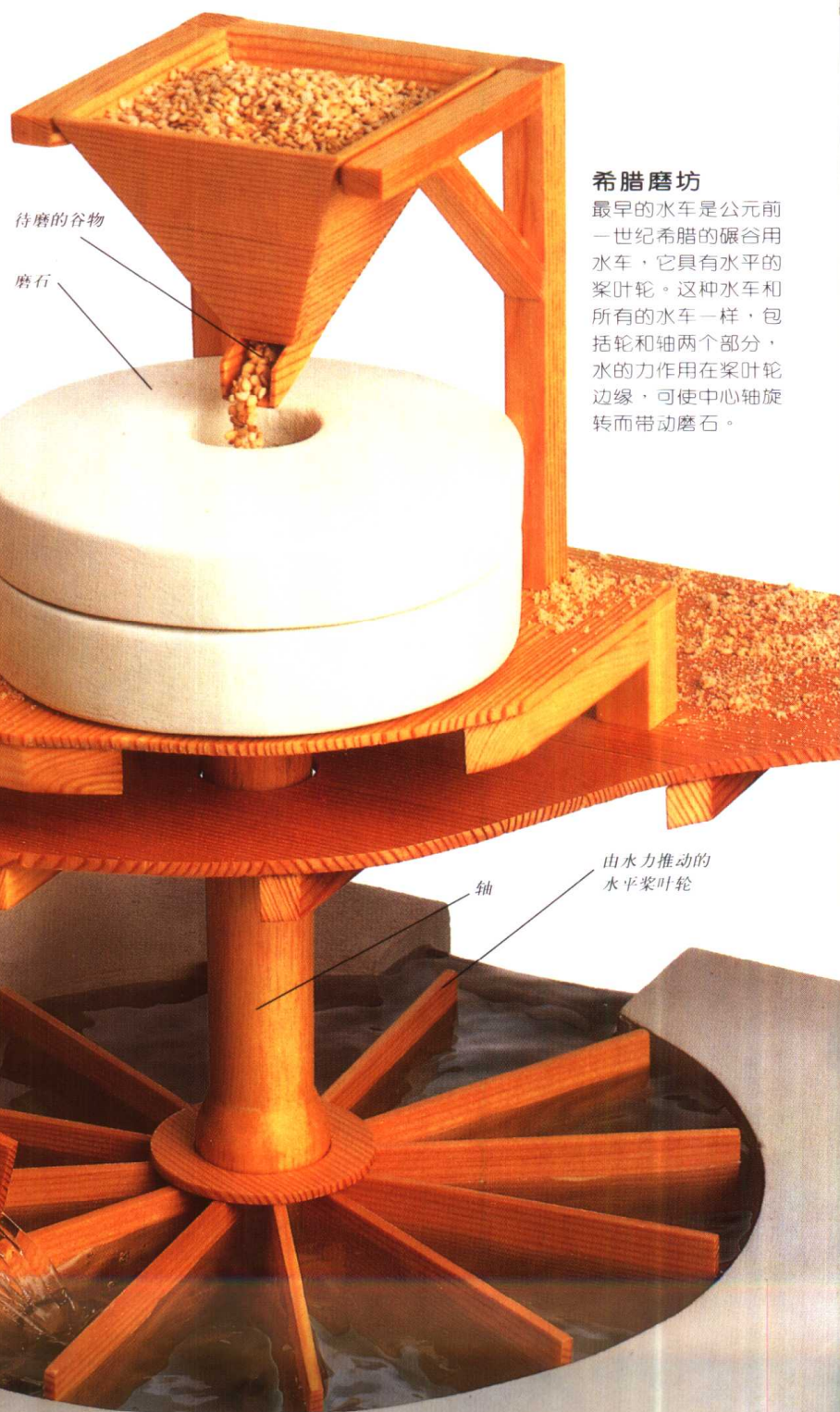
努力工作

早期的工业完全依赖一些简单机械，例如杠杆、滑轮和轮轴等。这幅中世纪图画描绘筑塔的情形，工人们正用一个轮状的人力踏车将建筑材料搬运到高处。



水力

左图水车位于十九世纪初英国的兰开夏，直径有19米，可以产生相当于一百五十匹马的动力，用来驱动纺织厂里面的机械。这种垂直的水车比水平的水车要好，由于它可以造得较大，因而可以产生较大的动力。

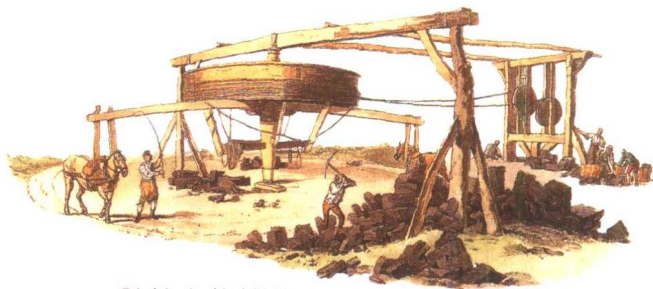


希腊磨坊

最早的水车是公元前一世纪希腊的碾谷用水车，它具有水平的桨叶轮。这种水车和所有的水车一样，包括轮和轴两个部分，水的力作用在桨叶轮边缘，可使中心轴旋转而带动磨石。

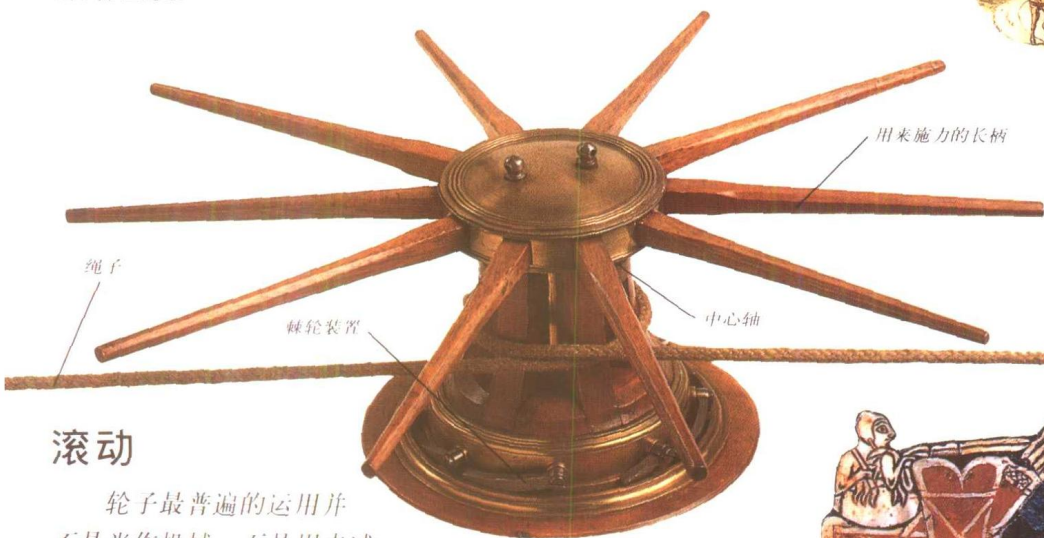
起锚

长久以来绞盘都被用来作为起锚的装置。绞盘是轮轴的一种，在它的中心轴缠绕着绳子或铁链。操作时由水手们合力推动长柄，就可以省力地将锚拉起。下图是公元1820年制造的绞盘，不用时可长柄拿下来以节省甲板上的空间。绞盘底部有棘轮可以防止绞盘倒转，使锚不致于掉回海里。



陆地上的绞盘

绞盘也可以用在陆地上搬运重物，在上图十九世纪的水彩画中有一个用来吊起地底煤的绞盘。当马拉动绞盘轮轴时，轴上的绳索会顺着—组滑轮（见18页）将地底矿区的煤吊起。



滚动

轮子最普遍的运用并不是当作机械，而是用来减少摩擦力。摩擦力就是两个互相接触物体表面间的阻力。当轮子在地面滚动时，轮子边缘的每一点都会轮流接触地面然后离开，而不会在地面拖动，因此使得在粗糙表面上移动重物变得比较容易。



实心轮

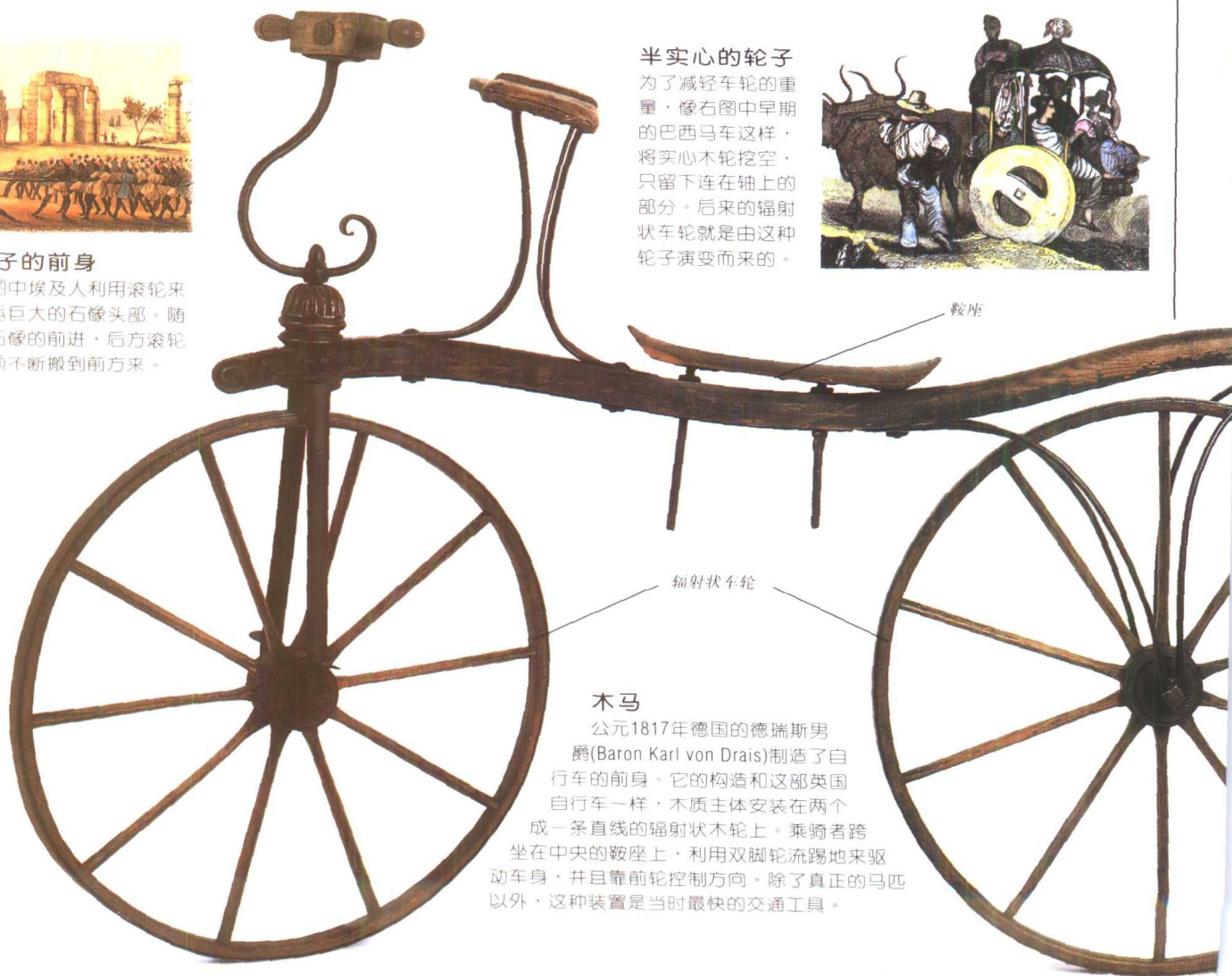
左图是出土于伊拉克境内乌尔王朝的坟墓，画是公元前2500年的战车，可以清楚看出两个半圆形木板结合成车轮。这些实心轮安装在轴上，战车行进时会随着车身滚动，比左下图中原始的滚轮方便得多。



轮子的前身

上图中埃及人利用滚轮来搬运巨大的石像头部。随着石像的前进，后方滚轮必须不断搬到前方来。

半实心的轮子
为了减轻车轮的重量，像右图中早期的巴西马车这样，将实心木轮挖空，只留下连在轴上的部分。后来的辐条状车轮就是由这种轮子演变而来的。



木马

公元1817年德国的德瑞斯男爵(Baron Karl von Drais)制造了自行车的前身。它的构造和这部英国自行车一样，木质主体安装在两个成一条直线的辐条状木轮上。乘骑者跨坐在中央的鞍座上，利用双脚轮流踢地来驱动车身，并且靠前轮控制方向。除了真正的马匹以外，这种装置是当时最快的交通工具。



第一位机械工程师

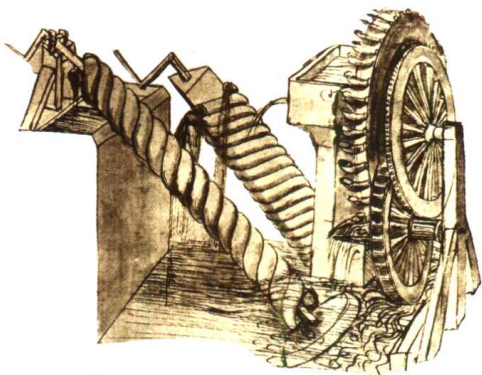
阿基米德 (Archimedes) 约生于公元前 287 年，约卒于公元前 212 年，生于意大利附近西西里岛上的叙拉古城。

阿基米德螺旋泵

阿基米德是古希腊最伟大的工程师和发明家之一，也是最早以科学方法研究简单机械的人。他根据研究结果制造出许多不同的机械装置，其中一种简单汲水机械——“阿基米德螺旋泵”，便是以他的名字命名的。这种螺旋泵的构造是一个木筒，内含沿着中心轴旋转的斜面，转动螺旋泵就可使水升高，作用和劈的原理相似。使用阿基米德螺旋泵汲水比较省力，但是因为必须转动螺旋泵好多圈才能使水上升一小段垂直距离，所以比将水垂直提上来费时。

水往高处爬

阿基米德螺旋泵通常用来将低处河流或运河中的水汲至高处，内部具有沿着中心轴旋转的螺旋斜面。这个螺旋泵装在空心木筒中，木筒一端放在河里，另一端有手柄。用手柄转动螺旋泵，河水就会被螺旋泵推动，沿着木筒上升到顶端排出来。阿基米德螺旋泵是简单机械，可以让人用较小的力去克服较重的水。旋转螺旋泵汲水上升时，河水在木筒内沿着螺旋斜面旋转而上，经过一段长距离才能上升很小的高度，因此只要用很小的力就能够推动河水。事实上，螺旋泵和木筒之间存在摩擦力（见38页），所以还得多花一些力去克服摩擦力。



汲水

意大利的科学家、艺术家达·芬奇 (Leonardo da Vinci, 1452~1519) 设计了另一种阿基米德螺旋泵，把汲水的螺旋斜面变成缠绕着转轴的螺旋状水管。上图中央的螺旋泵就是由三条水管绕着三角轴所组成的。另外，达·芬奇在右侧还画出一组作为汲水机械的水车（见10页）。

汲水用的
旋转手柄

由木筒中
流出的水

剖开木筒可以
看到螺旋斜面

螺旋状
的斜面

灌溉用的渠道

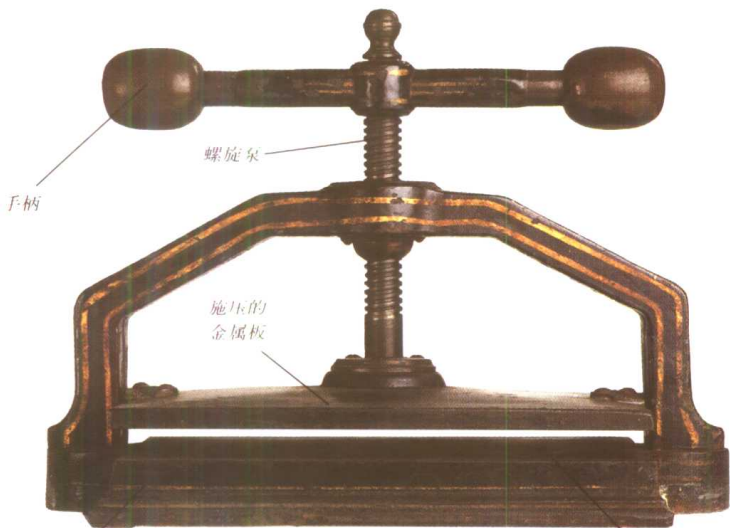


推高谷子

阿基米德螺旋泵在今日的农场中另有一番用途。当复合式收割机将谷物割下，并把谷子分离出来之后，便可利用旋转的螺旋泵将谷子送上等在一旁的卡车。类似装置也应用在烘焙或其他工业，以搬运面粉或其他粉末状原料。

矿工的岩钻

用螺旋钻凿洞时，能同时将凿开的碎块带出洞外。右图的大型螺旋钻可以在岩石上凿出放炸药的小洞。当螺旋钻旋转时，它的双锋面切入岩石或土里，岩石碎片或土屑会沿着钻头沟槽上升，就像河水被阿基米德螺旋泵汲出一样。大型螺旋钻也用来在柔软的土地上打洞，作为建筑高楼大厦的地基。



压下去

简单的印刷机是螺旋泵的早期应用之一。如上图所示，金属螺杆连接到金属板上，金属板下方可以放置白纸，白纸下面是涂墨的模版。旋转螺杆时，旋转的力经由螺杆传到金属板再向下面的白纸施力，使得模版上的字印到纸上。只要施很小的力旋转螺杆，就可以对纸产生很大的压力。上图的印刷机是复制信件用的。也有类似装置，可将软金属压制成硬币。

卷曲的金属切屑

当钻头钻入较柔软金属时，被钻开的切屑也会变成螺旋状，显示了螺旋泵、螺旋钻和螺旋梯之间的相似处。



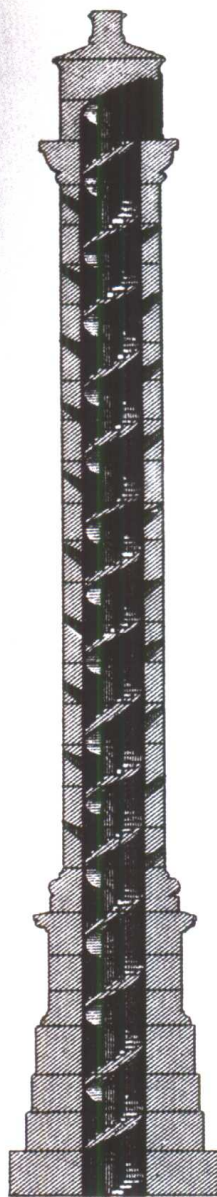
螺旋状
的金属切屑



钻头

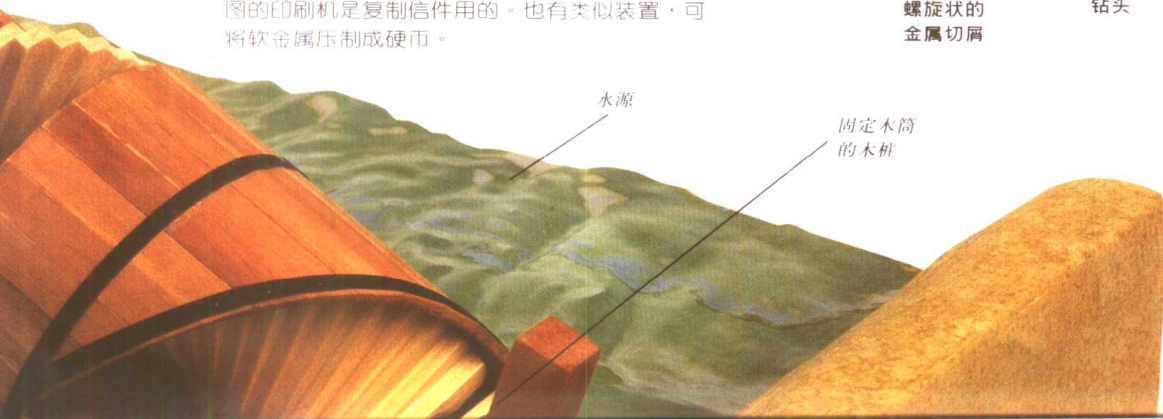


棘轮



绕道而行

走螺旋梯上楼，要比爬相同高度的直梯容易，因为螺旋梯的坡度比直梯要小得多。不过，爬螺旋梯的距离则长了许多。这种情形类似于阿基米德螺旋泵，河水旋转了好多圈才上升一点。



水源

固定木筒
的木桩



浮和沉

希腊科学家阿基米德最著名的发现就是“阿基米德定律”。这个定律解释了为什么在液体中某些东西会下沉而某些东西会浮起。一般来说，空心球这种内部充满空气的物体是很容易浮起的。不过，并不是只有充气物体才浮得起来。很多实心物体也是浮体，例如苹果。阿基米德注意到所有浮体都被一种称为“浮力”的向上力支撑着，而浮力是由液体对浮体所施的力形成的。当我们把乒乓球压到水里时，就可以感觉到浮力的作用。此外，阿基米德还发现物体所受浮力的大小，是由它排开的液体多寡而决定的。也就是说，物体排开的液体越多，所受的浮力也就越大。当物体排开液体的重量足以支撑它本身的重量时，物体就会浮起来。经过许多次实验之后，阿基米德发现物体所受的浮力等于它所排开的液体重量，这就是阿基米德定律。

弹簧秤

称苹果的
重量

1 称重

先用弹簧秤来称代表浮体的苹果，并记录重量。

2 浮和平衡

将两个一模一样的烧杯盛满水，分别放在精密天平两端托盘上（右图）。这时候，天平是平衡的。然后将苹果放进右边烧杯，等它浮起来之后，再把右边烧杯溢出的水小心地收集起来。等苹果稳定下来，我们发现天平又恢复了平衡。

理论的验证

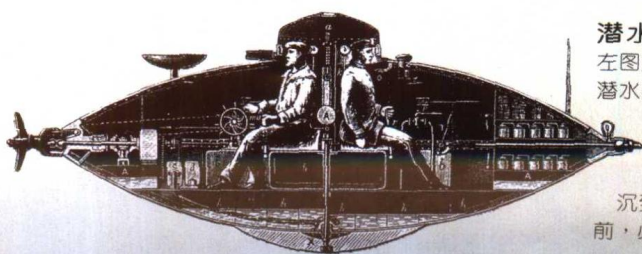
这个实验总共包括三部分，目的是借比较浮体重量和它所排开液体的重量来验证阿基米德定律。阿基米德定律是说物体所受到的浮力，等于它所排开液体的重量。这个定律也可以用在无法浮起的物体上，不过在这种情形之下浮力比物体的重量小，因此物体会下沉。阿基米德也知道沉在液体中的物体所排开的液体体积等于它自己的体积，他就是利用这个定律帮助叙拉古王希伦二世检验皇冠是不是纯金的。

盛满水的烧杯

天平托盘

浮球

三个大小相同的球浮在水中。左边是乒乓球，中间是橡皮回力球，右边是硬木球。每个球都有一部分沉入水中，所排开水的重量等于它们自己的重量。乒乓球较轻，所以沉入水中的部分较少；而木球最重，几乎整个沉入水中。



潜水艇

左图是公元1881年俄国人设计的潜水艇。潜水艇可潜入水中，因为它能将水吸入水槽，增加本身的重量。由于受到的浮力有限，所以会沉到水里。潜水艇要浮起来之前，必须先将水槽中的水排出。



我发现了！

据说阿基米德是在跳进澡盆时，看见洗澡水上升而发现了浮力定理。当时叙拉古王希伦二世(King Hieron II)正给他一个难题，要他想办法检验新的皇冠是不是由纯金制造的，但是不许损坏皇冠。于是阿基米德便在皇宫中做了一个实验，他先将皇冠放入水罐中，记录水上升的高度。然后再将相同重量的黄金放入同一个水罐中，发现此时水上升的高度较低，因此证明了皇冠中含有密度较小的金属。

浮在空中

法国的飞船飞行员蒂桑迪埃兄弟 (Albert and Gaston Tissandier) 在公元1883年进行了一次飞船试飞。飞船中充满密度比空气小的氢气，所以空气作用在飞船上的浮力比飞船本身的重量大。



热气球

热气球中的热空气比它周围的冷空气稀薄，只要热气球里的空气能够保持适当温度，它就可以一直在空中翱翔。



3 称水的重量

接着测量右边烧杯所溢出水的重量（右图），我们发现它的重量和苹果重量恰好相等。也就是说，苹果排开的水重刚好抵销苹果的重量，这就是为什么天平仍能保持平衡的原因。而苹果是浮体，所以浮力刚好等于苹果本身的重量。弹簧秤的测量结果显示苹果重量和它排开的水重量相等，由此证明了阿基米德定律——苹果所受的浮力等于它排开的水重。

弹簧秤

称水的重量



测量液体密度

比重计可以测量液体密度，通常应用于酿酒工业，以测量含酒精饮料的密度。它由一枝可在液体中垂直浮起的玻璃管构成。如下图所示，比重计在密度较小的液体中（如变性酒精）会沉得较深；在密度较大的液体中（如甘油）则浮得较高。

浮在变性酒精中的比重计

浮在水中的比重计

浮在甘油中的比重计



维持浮力

硬骨鱼类的身体内有一个称作“鳔”的气囊。鳔中的气压能随着水的深度调整，使得鱼的体积可以在不同深度保持不变，所受的浮力也就不会因为深度不同而改变。当鱼想要向下落时，只要压缩鳔中的空气就可以了。

