



能量的科学

〔德〕W.庫尔特著

科学普及出版社

01-49
4

本書提要

火、蒸汽机、电和原子能，都使人类进入新的时代。能是国民经济的血液，新的能源的开辟和它们的更好的利用，始终是人们最关心的问题。现代化的工业生产，需要巨大的能量，因此千百万人们在建筑水电站，在开采石油和煤矿，在研究利用原子能和其他能源的办法，在研究更好地生产电、运输电和分配电的办法。总之，人们把巨大的精力投入能量的产生和分配上。

这本书具体地介绍了各种能量的来源，和怎样把它们利用到工业生产上的办法，并重点介绍了蒸汽机、汽轮机、内燃机、燃气轮机、发电机的基本原理，和统一电力网的重要意义。这是一本精练而通俗的自然科学读物，对从事和关心经济建设的干部、青年来说，是一本有用的书。

原文曾连载在民主德国的“青年与技术”杂志上，并译登“知识就是力量”杂志。集成小册子出版时，对译文又重新订正了一次。

总号：565

能量的科学

著者：〔德〕W·库 尔 特

译者：刘岱棠 厉声震 张景泰

校订者：郝 济 时

出版者：科学普及出版社

（北京市西便门外都察院）

北京市书刊出版业营业登记证出字第091号

发行者：新华书店

印刷者：北京市印刷厂

（北京市西便门大街乙1号）

开本：787 × 1092 1/32

印张：1 1/2

1958年6月第1版

字数：26,000

1958年6月第1次印刷

印数：9,850

统一书号：150·1·75

定 价：（9）2角

目 次

第一講	自然含能体和能的生产在生产体系中所占的位置····	1
第二講	用風、水和煤供給在技术上可以利用的能····	8
第三講	从气体和液体燃料以及可分裂物質中获得 技术上可以利用的能····	20
第四講	电能的生产以及同其他各种形式的能的互变性····	30
第五講	动力工業的組織和能的分配····	40

第一講 自然含能体和能的生产 在生产体系中所占的位置

不論是早晨乘電車上班，或者是晚間把電燈開開，或者是打電話、听無線電、燒飯、操作機器、開汽車，隨時隨地都要消耗能。我們在生活中所遇到的能是多種多樣的。只要人類在勞動，就沒有有一項生產過程離得開能的消耗。

如果我們說，人類在最初的時候，用自己的和牲畜肌肉的力量，來供應所需要的能，後來又增加了火作為能的來源，而火的使用發展到了最高形式，使人們能夠掌握住蒸汽機，那麼我們也可以說，在近代，電首先成為最主要的能的形式；而在當前人們已經開始使用原子能了。每一次一種新的能的來源發現，總要引起生產技術以至整個社會的變革。人類學會了控制火以後，就能夠用金屬代替石器。蒸汽機的發明使人類能夠從純粹的手工業生產過渡到使用機器的大生產，並且為資本主義的產生創造了先決條件。同樣地，電提供了進一步改進生產的可能性，而且和社會主義時代的開始是分不開的。今天我們又將進入一個新的階段，我們處在原子時代的起點。到現在為止，幾乎還沒有一個人能夠十分確切地想像原子能將為人類開拓多少新的可能性。

能的生产在生产体系中的地位

沒有能就沒有生產，沒有生產人類就無法生存。1952年，世界上所耗費的能大約合到10萬億仟瓦小時的電。這個數字是很難切實領會的。讓我們來打一個比方吧，1仟瓦小時的電可以製造50克的鋁（相當於一根1米長、直徑為5毫米的鋁絲）。

因此，用 10 万亿仟瓦小时的电所制造出来的铝，可以做成 125 米宽、5 毫米厚的铝片，其长度足够环绕赤道一周。世界上对于能的需求，一年比一年增加许多，估计到公元 2000 年的时候，需要量可能是今天的八倍到十倍，也许还要多。这个惊人的数字，最足以证明能的生产在人类的整个生产中所具有的意义。

能的生产是四个主要的生产部门之一，但是，由于它的特殊性质，它又在生产部门中占有着中心的位置。所有其他主要的生产部门，如机械生产（指用机械进行生产——译注）、化学生产（指用化学方法进行生产——译注）和农业生产，以及矿业、交通业、通讯业等，也都依靠着能的生产。如果得不到所需要的能，就不能开动机器，不能制造有用的物件，不能完成化学过程，不能耕地，也不能开采煤和其他矿石，汽车开不动了，电话和无线电都发不出声音来了。但这并不是说，所有其他的生产部门都是次要的，因为能的生产也需要矿业、化学生产和机械生产的产品。所有的生产部门，一起组成一个不可分割的整体。但是在这个完整的体系中，能的生产所占的位置，是一个特殊的、具有关键性的位置。

自然含能体

从前，人类在地球上所能够利用的能都是从太阳上来的。在太阳里，原子不断地进行着巨大的变化。在氢变成氦的反应中产生出大量的热。根据科学上的计算，太阳每年放射出的热量大约是 $3,000 \times 10^{27}$ 千卡。这个巨大的数字是无法想像的，因为在地球上没有什么东西可以拿来和它比较。只要这个数字的极小一部分——一千万万分之二的热量放射到地球上，就足够使地球本身和地球周围的大气得到温暖。如果把这一个千万万分之二的数字用每年多少千卡来表示的话，那么就是一个

三位数字后面加 18 个零。这个数量的能就是产生地球上的能的基础。

这种每年从太陽放射到地球上来的能，大約有 6.2% 变成流动的空气(風)的能，大約有 5.3% 变成云中水点和流动的水的能，0.3% 被植物吸收儲藏起来。人类的任务就是把風、流动的水和植物(都叫做自然含能体)中所含有的能，轉变为另一种形式的能，以便加以利用。这也就是作为主要生产部門的能的生产部門(动力工業)的任务。讓我們現在先来談談自然含能体罢。

流动的空气

从太陽放射到自然含能体中的能，最大部分都投到流动的空气中，就是含在風里面。風本身的形成是由于地面和大气層所受到的加温程度不同的緣故。赤道地区所受到的加温程度最高，經過加温变为比較輕的空气，并以近乎垂直的方向升向上空，这样就产生了压力的差別。又由于大自然总是努力克服着压力的差別，使它达到平衡，因此，全部大气都是在运动着的。赤道地区上升的热空气在比較高的上空向兩極方向流动，而兩極的冷空气就在靠近地面的上空流向赤道。流动的最后方向决定于原来的風向和地球轉动的方向。因此，在南半球主要是东南風，而在北半球主要是西北風，我們称它

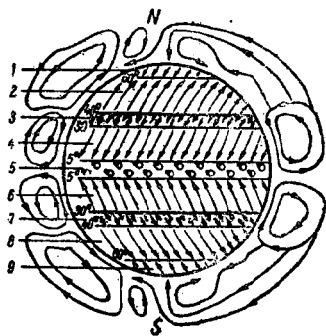


圖 1(甲)

- 1.9. 东風 2.8. 西風
- 3.7. 交替風 4. 北貿易風
- 5. 極微小的風
- 6. 南貿易風

們为貿易風。这种風差不多吹遍了一半的地面。大陆和海洋被加温的程度也不一致，因此，对風的情况也有一定的影响。以上几点只是从几个不同的角度来講風的形成的情况。在原理上，有一点是永远不变的，那就是風的形成是由于气流压力要趋向平衡的缘故。風虽然含有巨大的能量，但是，目前在供应世界对于能的需求上，風能只占着次要的位置。其中的道理，我們要在下一次講到生产在技术上能够利用的能的时候再談。

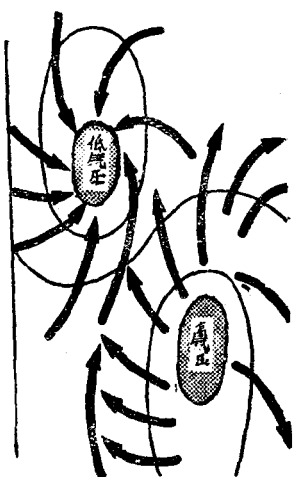


圖 1(乙)
在高压区和低壓区的風向。

流动的水

太陽能的次多部分是投到云中的水点上和流动的水中。但是，在技术上能够利用的水能只限于河流中流动着的水。高山斜坡上的水为什么会永不涸竭地不断地流注到海洋里去呢？这是由于太陽輻射热的影响，海面、地面和植物的叶子每天都有几百万立方米的水分蒸發成为水汽。因此空气中經常有一定的湿度，也就是說，它含有一定分量的水蒸汽。随着上升的气流，水蒸汽也升向上空。但是，在上升的过程中，空气的温度不断地降低。由于空气在一定温度下只能含有一定分量的水蒸汽(空气愈热，所含的水蒸汽的分量也愈高)，因此，到一定的时候，含在空气中的水蒸汽就凝結成为水点，变成了雨，重新降到地面来。雨本身是不能用来产生能的，必須先由几十万万滴水匯集而成为流动的水。

高山上的空气只能向高空，向温度比較低的高空上升，因此，在高山中雨量特別多。树根蔓延、青苔密布的山地吸收了大部分的雨水，成为一个水庫，河流就是从这里得到水源的。当然，也有一部分雨水直接流入河中。从高山流下来的水按照不同的地形重新流入河中。在这种流动的水中，蘊藏着大量的能。此外，还有一部分河流的形成是由于冰山的緣故。空气中的水汽接触到冰山，就不断凝結成为新的冰，因而冰山加重了。冰山重量不断增加的結果，压力也不断增加。这种压力产生了热，因此，冰山底部有一部分的冰不断地融化成为水流入山谷中。人类很早就知道利用水作为能的来源，而今天还在不断扩大它的利用范围。

固体、液体和气体燃料

虽然每年放射到地球上来的太阳光能只有極小一部分儲藏在植物中，但是，現在我們所利用的自然含能体，大部分都是植物或植物的产品。这是因为它們把几百万年来放射到它們身上的能都积儲起来，而風和水却不能这样做。在技术上能够用来生产能的材料是煤、褐煤、泥炭、木材、石油和天然煤气。

大約在三万万年以前，开始了一个在地質史上叫作石炭紀的时代。当时陆地的低洼地区都生長着广大的原始森林。在这些森林中，大部分的树木多是木賊、石松和羊齿。亞热带的气候——当时我們这个地区（指欧洲——譯注）的气候也是亞热带的气候——使植物能够旺盛地生長。当时的木賊、石松和羊齿等植物，并不是像現在这样草一般地長在森林中，而是高大的树木。但是，在这些森林中，一切的变化仍然受到自然界的影響。原始森林中的大树，到一定年齡的时候，就折倒而淹沒在沼澤中。新生的树木，長大枯老以后，也同样地折倒在沼澤中。在几百万年中，这种現象一直在重复着。因为沼澤中的水

把植物和外来的空气隔絕了，所以植物不会腐爛。年代久了，很多沙土和崩岩堆积在这历次折倒而叠起来的树干上。由于地壳內層的位置变动，原来接近地面的几層树干愈陷愈深，而为其他岩石所掩埋，結果上面的压力愈变愈大，而植物中所含的大部分水分都被压榨出来。主要由碳組成的纖維部分也同时被强烈地压縮，經過所謂碳化的过程而不断地增加着碳的含量。这就形成我們今天在地下几百米深处所找到的煤。

褐煤形成的过程和煤是十分相似的，只是它的年代要近得多。它是在地質学中所謂第三紀的时候形成的。这个时期距离現在大約有三千万到五千万年。在沼澤地帶的原始森林中生長着柏树之类的針叶树和柳树、白楊树、槭树和木蘭树之类的闊叶树。压在褐煤上面的沙土層当然不像压在煤上面的那么厚，差不多都不到100米，因此褐煤受到压力的影响也比较小，在地層中也比煤松些。

固体燃料中，还应该提到泥炭和木材。泥炭实际上就是碳化年代最短的产物。它是由枯萎的植物，尤其是沼澤地(所謂泥炭沼澤地)上的枯萎植物形成的。木材本身实际上是一切固体燃料的原始材料，同时又是唯一的可以随人类意志加以种植的固体燃料。

还有一种在技术上十分重要的自然含能体。这就是石油。它也是在几百万年以前形成的。現在的陆地在那时候有一大部分还淹沒在海洋底下。海洋中的一部分水含氧極少而含有硫菌。脂藻和其他浮游在水中的微細有机物，在死亡之后，由于細菌的作用而变成爛泥。这种爛泥受到热和高压的影响，先变成原始的瀝青，以后又变成石油。至于天然煤气，差不多有石油的地方都有它。

我們要取得天然界中的固体、液体和气体燃料，不像取得

風和流动的水那样容易。要把这种燃料轉变成在技术上能够利用的含能体，除了泥炭和木材以外，都需要先开矿。此外，大部分还需要經過化学方法加工，然后才能直接利用。例如，用化学反应方法可以从固体燃料煤中提炼出液体的碳氢化合物——汽油和柴油。

原 子 能

上面所談的自然含能体都是依靠着从太陽放射到地球上来的能。但是，除此之外，目前又發現了一种新的含能体。这种含能体的意义愈来愈大。在已經發現的多种化学元素中，有几种元素，它們的原子核在一定的影响下会裂变，在裂变的时候放出了巨大的能量。这种变化就像每天每小时在太陽中所發生的变化一样。因此，人們把原子能称为地球上的太陽力是很正确的。把这种蘊藏的能加以利用，將为人类开辟一个簡直难以想像的远景。

能量守恒定律

我們在文章的开头，曾經提到1952年世界上所消耗的能，大約合到10万亿仟瓦小时的电，实际上，其中只有一部分的能，是属于电能的形式。这10万亿仟瓦的能有1%是取自肌肉的力，1.5%是取自風力，2.5%是取自水力，15%是取自木材，80%是取自煤、石油和天然煤气。我們也可以把自然含能体称为能的倉庫。含能体都含有一定的能量，但是它們必須經過人类的劳动，才能够利用。这就是說，一般形式的能对于人类的生产用处很少。生产上所需要的是具体形式的能。通常所說的能的生产，指的就是把儲藏在一种含能体中的能轉变为一种适合于一定用途的能，因为能有机械能、化学能和电能的区别。但是，在能的轉变过程中，我們不可能得到比原来更多的能，因为能不会有新的产生，也不会以任何形式而消失。罗

蒙諾索夫、迈耶、焦尔和黑尔姆霍尔茲都闡明了这一条自然科学的基本法則——能量守恒定律。根据这条定律，宇宙間全部儲藏的能量是不变的，因为在每一个自然变革过程中，一定的能量經常轉变为另一种一定的能量。但是就整个的能量來說，在这种过程中，能量既不会消失也不会产生。

至于怎样把能量轉变成技术上可以利用的各种形式，我們將在第二講中講述。

第二講 用風、水和煤供給在 技术上可以利用的能

自然界中蘊藏着大量的自然含能体——流动的空气、流动的水、固体、液体、气体燃料以及可分裂的物質等。它們形成一个能的倉庫，讓人类使用。有几种自然含能体像風和流动的水，都是由于太陽能放射到地球上来的緣故，并且不断地得到更新；另外的一些自然含能体像燃料，却是在地球發展的几百万年間形成的。但是如果拿一个風袋、一桶水或一塊煤、甚至一塊鈾矿放在一台机床上，机床的电动机却一点兒也不能轉动。因为蘊藏在自然含能体中的能，必須首先变为在技术上可以利用的能的形态。風和流动的水必須采用技术方法才能够取得它們某一种形式的机械能；煤也必須經過燃燒才能通过各种中間阶段而产生机械能。机械能是用技术方法利用自然含能体的最主要的形式。

風能变为机械能

人类在几千年以前，就已經知道利用風当作能的来源了。今天如果我們看見一艘美丽的帆船在海上行駛，我們可能不会想到，用風来駕駛船是人类把風当作能源的最初的方式。第一幅

船帆不是用帆布制成的，而是用棕叶、蘆葦或类似材料所編成的蓆子制成的。根据現在研究的結果，埃及人可能是最初用这种方式方法駕駛船只的人。他們利用風力的原理同今天帆船利用風力的原理是一样的。这种原理就是：用帆来“俘获”流动的空氣的能，这种能会产生一种力，这种力可以通过桅竿傳到船身上。这种利用風能的方法当然是極不完善的，因为它只能产生一种直綫运动，而且也只有在船行駛的时候才具有技术上的意义。

在生产實踐中，常常要利用能来产生旋轉运动。早在九世紀的时候，人类就已經普遍地使用了風磨。虽然現在風磨的全盛时期早已經过去了，可是今天我們还可以看到風輪，园丁們利用它来帶动水泵。除了这些簡單的形式以外，今天还有新式的風輪机，这是因为風有一个优点，它經常可以毫無代价地讓

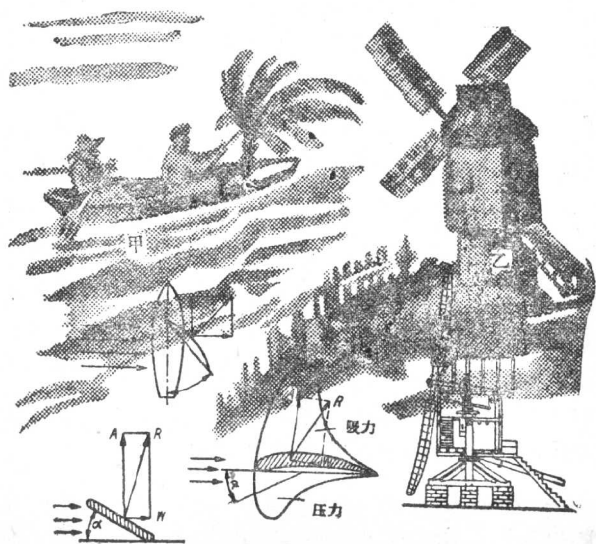


圖 2 (甲)

人类来使用。我們現在研究一下，到底根据哪一条法則，才能够把風加以利用。

拿一塊長方形的平板，傾斜地放在气流中，傾斜角是 α ，板上就会产生力 R 。力 R 又可以分为两个相互垂直的力：升力 A 和阻力 W 。新式的風輪机当然不用長方形的平面，而是用类似飞机結構上所用的流綫型的翼片。把这样的一張翼片固定在一个轉軸上，就会产生一个旋轉力矩，而引起旋轉运动。这样，含在流动的空气中的能就变成了轉軸的机械能。

計算風能的公式是 $E = \frac{mV^2}{2}$ 。这也就是动能的公式。在这

个公式中， m 是流动的空氣的質量， V 是風速。風力設備的功率相当于它在單位時間內所完成的功。而流动的空氣的質量也同流动的速度(風速)有关，風速愈大，流动的空氣愈多。因此可以說，風力設備的功率同風速的三次方成比例。

尽管風的优点很大，經常可以毫無代價地讓人类利用，但是，今天在技术上所利用到的含在流动的空氣中的能，从百分比來說，只是極其微小的一部分。其中的一个原因是，由于这种能只有在有風的时候才能够利用。由于所得到的功率同風速的三次方成比例，因此很明显，还必須有一定的速度(至少是每秒六米)才能够产生便宜的能。所以，只有在差不多經常有風而且風速差不多不变化的地方，才能够經濟地利用風能。这种条件在地面上只有少数地方和海拔比較高的高地上才具备。因此要得到比較多的風能，必須耗費很多的物資来建立高聳的建築物。所有这些都一向阻碍在技术上大量利用風能的原因。今天具有实用意义的設備，主要是一些小型的，在偏僻地区用来供应当地所需要的能。

但是，因为風能經常可以毫無代價地讓人类利用，而其他

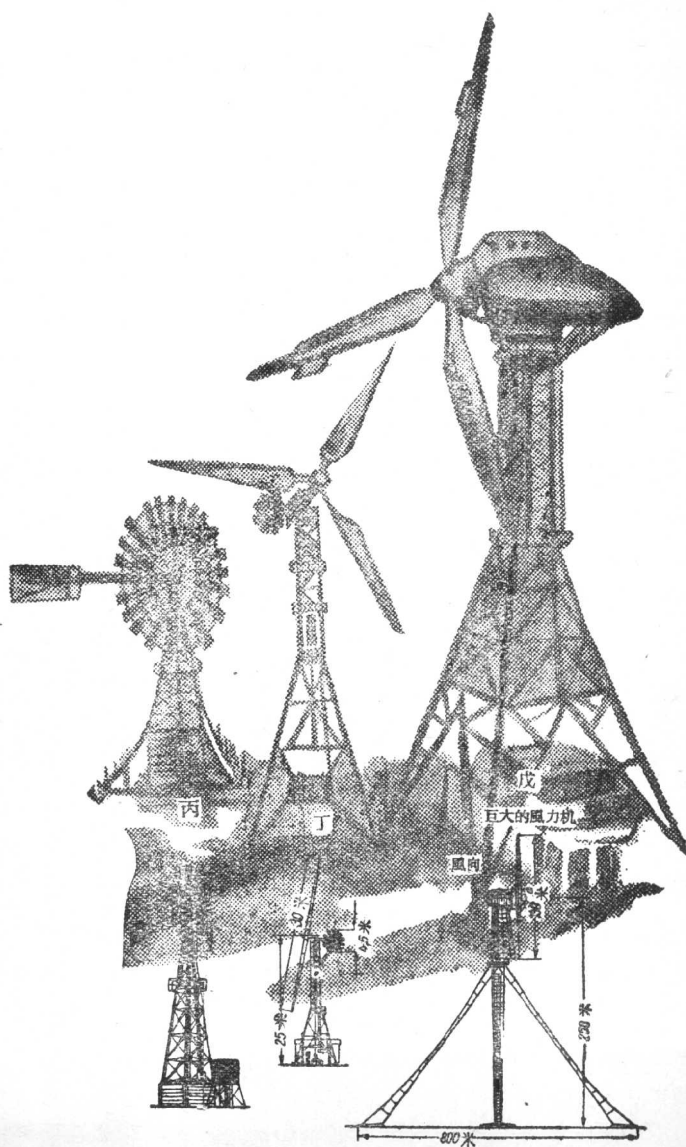


圖 2 (乙)

的自然含能体(如燃料)的数量又都有限,便促使了专家们用实验设备,研究怎样才能取得大量的供给技术上使用的风能。不久以前,苏联开始使用比较大一些的设备,已经获得了成功。

流水能变为机械能

在河里游泳过的人,都知道流水的能,因为他可以顺着水势“飘流”。撑小船和木筏的人也可以利用水力,他们可以利用水势来推动船和木筏。我们现在并不来研究这种利用水力的方法,这只是用来说明流动的水所储备的能。两千多年以前,人类就已经开始用其他的方法来利用水力了,比如人们制造了水车。因此,流水是人类最早利用的能源之一。

水的本身并不供应能。只有在相当多的水从高处向下流的时候,才能够作功。计算流水能的公式是: $E=W \cdot h$ 。这也就是势能的公式。在这个公式中, W 是水的重量, h 是水所通过的距离

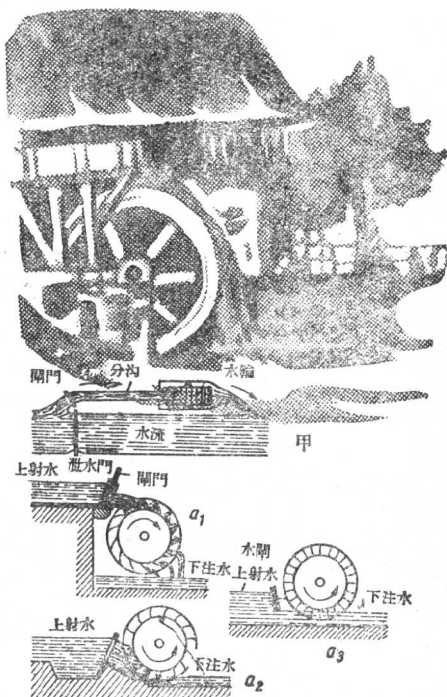


圖 3 (甲)

圖中 a_1 是上冲式水車; a_2 、 a_3 是下冲式水車。

(就是高低兩处之間高度的差別)。功率就是在單位時間內所作的功。現在我們可以看到，水在作功的時候所通過的距離是一個有決定性的因素。第二個因素是在單位時間內通過這段距離的水量。

現在，怎樣才能夠把流水能變為在技術上可以利用的形態，也就是變為轉軸的機械能呢？

根據水力學的法則，我們知道，一定的水量或者一定高度的水柱，具有一定的壓力。如果我們讓由於這種壓力所產生的力，向一個固定在杠杆臂上的平面衝擊，那就會產生旋轉力矩。水車就是根據這個原理來變換能的形態的。

新式水輪機的情形卻不是這樣。這裡必須先把壓力能（势能）變成速度能（動能）。我們設想有一個橡皮水管，水在一定的壓力下以一定的速

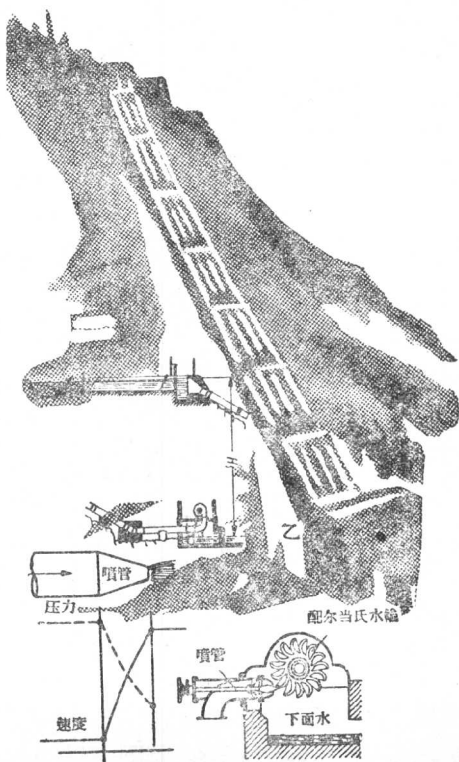


圖 3 (乙)

度从管中流出，如果压缩管口，那么在同样的压力下，水流出来的速度一定比较大，因为现在水必须经过一个狭小的断面流出同样多的水量。在应用中，我们把这种断面狭小的管口称为喷嘴（见图 3 乙）。在一个理想的喷嘴中，全部的压力能（势能）

都可以变为速度能（动能）。因此，为了提高速度，在每一个水轮机上都装上一个导轮，这个导轮实际上是由好几个喷嘴组成的（见图 3 丙）。水先进入导轮，然后再使速度比较高的流水喷到动轮的叶片上，叶片改变了水流的方向。这时候，水的绝大部分的速度能（动能）都用到了动轮上并且推动了动轮的转动。这种水轮机叫做辐射式水轮机。此外，还有一种所谓超压式水轮机。这种水轮机的导轮上的压力能（势能），只有一部分变为速度能（动能），但是动轮上的叶片也同样是喷嘴式的，这里所利用的是喷嘴的另一种

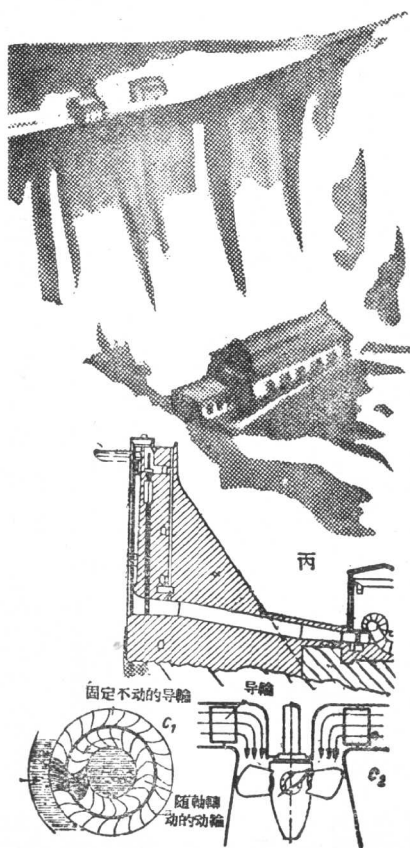


图 3 (丙)