

物理基本知識

功與能

賴中生

中華全國科學技術普及協會出版

本書提要

功与能在物理学中，是兩個重要的概念；能量守恒定律是一条重要的自然定律。这本小册子通俗地介绍了什么是功和功率、什么是能、能的转变和能量守恒定律等知識，帮助我們了解很多自然現象和懂得永动机不可能的道理。

这本小册子是物理知識講座的第三本講演稿經整理出版，適合於具有初中以上文化水平的干部閱讀。

出版编号：161

功 与 能

著 者：賴 中 生

責任編輯：莫 重

出 版 者：中華全國科學技術普及協會

（北京市文津街3號）

北京市書刊出版登記證出字第053號

發 行 者：新 華 書 店

印 刷 者：北 京 市 印 刷 一 厂

（北京市西便門南大街乙1號）

开本：31×43毫米 印張：壹 字數：10,800

1955年6月第1版 12,501—27,550

1956年7月第2次印刷 定价：(7)8分

我們在日常生活和生產過程中，到处可以見到機器和人們在那里做功：工厂里鋸木、打鐵；建筑工地上打夯、上料；農村里拉車、犁田；車輛的運轉；車床、刨床的切削以及向高处舉東西，用鐵錘打釘子，旋緊發條使鐘表走動，拉緊彈弓把子彈射出；各種現象雖然形形色色很不相同，但是都有這樣的共同點：有東西受到了力，而且沿着力方向移動。例如鋸子就受到工人同志的拉力一來一去地移動。從物理學角度來看，就是工人同志的手做了功。為什麼有些東西能夠做功，在物理學里就說它們具有“能”。功和能是物理學中最基本也是最重要的問題之一，懂得了功和能，可以幫助我們了解很多自然現象和生產中的問題。下面我想分四個方面概括地談談功與能這個問題。

功和它的單位

什麼叫做功

我們從生活經驗里知道：把水桶放在井里，裝滿了水，從水面提到井口，需要一定的力才行，因為地面上的物體，都要受地球吸引的作用，地球對於物體的吸引力，又叫重力。用力把水桶提上來，就是要克服地球對水桶作用的重力。既然用了力，把水桶提到了井口，我們就說對水桶做了功。又如：把一斗子混凝土從地面運到樓頂去，我們也要用力來克服地球對

混凝土作用的重力，才能使混凝土上升，那末對混凝土來說，也算是做了功。因此我們可以知道，所謂“功”必須要有作用力，而且在作用力的方向上，物體有了位置的移動。比方說，講台上的這個粉筆盒，擺在這裡是不會動的，但是，當我們用手一推，它受了作用力，產生了運動，就從這裡移動到那裡，這對於粉筆盒來說已做了功。因此，可以知道“功”有兩個必要的因素：一個是作用在物體上的力，另一個是受作用的物體在作用力的方向上，有一定的距離的移動。做功的例子很多，如鐵匠揮動鐵錘打鐵，木匠拉鋸鋸木頭，馬拉着車跑，爆炸的氣體將子彈從槍膛射出去等，都算作了功。

物理學上所說的“功”跟我們日常生活中所說的“工作”不同，“工作”指的是需要體力勞動或腦力勞動去完成的任何一種活動說的；物理學上的“功”是有限制的，是指一個力作用在一個物體上，使物體在力的方向上發生了移動，我們就說這個力對這個物體做了功。

如果只有作用力，而受作用的物體在力的方向上並沒有移動，在物理學上就說是沒有做功。例如幾個人用力推天安門前的石獅子，雖然他們累得滿頭大汗，但是石獅子沒有移動，我們說他們沒有做功。再如一個人攬着五匹布站在那裡一動不動，儘管他很累了，我們仍說他沒有做功。同樣的，當車床發生障礙時，刀具雖對工作物施力但沒有運動；起重機初掛上重物時尚未運動；從物理學的意义說，這車床和起重機都沒有做功。

反過來說，有的物體雖然在移動，可是並沒有力作用在這個物體上，那麼對這沒有外力作用着而移動的物體來說，仍然

沒有做功。例如火箭在离开地球很远以后，因为惯性的关系，在真空中作匀速直綫运动，对这个火箭說來也沒有做功。再如空載的电动机軸，尽管轉动，对外也未做功。

“功”包括力和物体在力的方向上移动的距离。所以一說到功，对功的兩個必要因素都應該加以考慮。

再說一遍，功有兩個必要因素：一个是作用於物体上的力；另一个是受作用的物体在作用力的方向上移动的距离。比方說一个人扛着兩袋面粉，从第一層楼走到第二層，第三層，这样用了力（反抗重力的力）有了运动，同时离地面的距离也变化了，这样就做了“功”。但是，如果他在水平道路上提着面粉走动，不論走多远，对面粉來說也沒有做功。因为他施於面粉的力是向上的，而移动的距离則是水平的。換句話說面粉在受力的方向上並沒有移动，因而也就沒有做功。

怎样來量度功

从上面的情况來看，很明顯地，物体受作用力而移动时，作用的力愈大，功愈大；移动的距离愈远，功也愈大。物理学上就規定功跟作用力成正比，也跟物体移动的距离成正比。物体移动同样的距离，但作用力擴大一倍，那么功就擴大一倍，作用力擴大兩倍，功也擴大兩倍；受同样力作用的物体，如果它移动的距离擴大一倍，功也擴大一倍，移动的距离擴大兩倍，功也擴大兩倍。因此可以这样說：功等於作用力跟受作用的物体在力的方向上移动距离的乘積。用式子來表示：

功 = 作用力 × 物体在力的方向上移动的距离

用符号來表示即： $W = F \cdot S$

式中W表示功，F表示力，S表示距离。用这种公式來表

示簡單方便，所以常使用它。也有時候加力於物體，物體並不是沿着力方向移動，如馬拉車，馬的拉力和車進行的方向就不一致，再如一個物體沿一斜面落下，物體所受的重力和斜面的方向並不一致，這時要計算功就不能直接用此公式而需要把作用在移動方向上的分力找出。因此，功的計算要與力和移動方向所成的角度有關係，這關係我就不打算在這裡詳細地講了。

功有那些主要的單位

我們先回憶一下力和距離的單位：力的主要單位是達因、克重、千克重等；距離的主要單位是厘米、米等。力和距離的單位還有很多很多，但是，我們在物理學中常用的主要是以上幾個。

功的單位怎樣決定呢？功與作用力的大小及受作用的物體在力的方向上移動的距離有關，所以功的單位也要根據力和距離的單位來決定。舉個例來說罷，用一克重的力把一物體提高了一厘米，對這個物體說算是作了功；這個功等於一克重乘一厘米等於一克重·厘米，克重厘米就是功的單位了。由此可以知道：力和距離採取的單位不同，功也就有不同的單位了。在這裡讓我們介紹幾個常用的功的單位：

(1) 尔格：用了一達因的力作用在物體上，使物體在力的方向上移動一厘米遠，則功 = 1 達因 × 1 厘米 = 1 達因·厘米。我們給一達因·厘米起一個名字叫尔格。在物理學上，常用功的最小單位就是尔格。

尔格這個單位太小了，一尔格的功差不多等於把一棵小米粒舉起一·五市分所做的功。

(2) 焦耳：尔格這個單位太小，實用上很不方便，於是

把一尔格功的一千万倍作为功的另一單位叫做焦耳。

即一焦耳等於一〇,〇〇〇,〇〇〇尔格

所以叫焦耳，是紀念英國著名物理学家焦耳的意思，它也是最常用的功的基本單位之一。

(3) 千克重米：千克重米就是实用單位制中功的單位，在实用單位制中，力的單位用千克重，距離的單位用米。

一千克重·米就是一千克重的力作用在物体上，使物体在力的方向上移动一米远所做的功。

按着力的單位关系和距離的單位关系，我們可以把千克重米換算成焦耳或尔格（註一）。

还有一种功的單位叫千瓦小时，我准备在下一節中介紹。

功和功率的單位

什么叫做功率

我們在上一節里，已經討論了功的意義和它的單位。但是大家想一下，一定会發生这样一个問題：所謂一千克重·米的功就是把一千克重的物体举高一米所做的功，那么究竟是在多長的時間里做了这么多的功呢？在功的定义里，沒有包含時間的因素，也就是沒有說明所化掉的時間；可是在很多的情形里，我們不僅要知道功的总量，还需要知道做功的快慢。举个例子說：一个人扛一袋二十五千克重的面粉从地面走到三楼（这段距离假設为十米），用了五分鐘的時間；另外一个人也扛着一袋面粉从地面走到三楼，用了半天時間。从功上來說，兩个人都做了功，而且功的数量也是一样的，都是25 仟克重 $\times$ 10 米=250 千克重米。但是做功的效率就差得远了。要講



圖一 起重機舉起貨物，工人搬起貨物，起重機的效率比工人的效率大好多倍。

效率，就要計算時間，就要比較做功的快慢。

再舉個例來說吧：要把一噸重的建築材料送到正在建築的五層樓頂去，如果用起重機在幾分鐘內就能完成任務；要是用一個工人一担一担的往上挑，就需要很長的時間（圖一）。現在問問你願意用起重機，還是用人挑呢？我們會立刻回答：願意用起重

機不願意用人挑。再例如要把一車糧食從通縣運到北京，用人推或者可以用馬拉，你是願意用人還是願意用馬呢？常識會告訴我們願意用馬。為什麼我們願意用起重機和馬，不願意人挑和人推？理由很簡單，就是起重機比人挑快，馬拉車比人推得快。

既有了快慢的問題，就和做功所用的時間有了關係。事實上對同樣的機器，比較好壞的時候，快慢是一個很重要的條件。顯然光看功的大小不能滿足這個要求，所以在物理學上我們用功率來量度做功的快慢。

每單位時間內所做的功，叫做功率。

如果在一定時間內做了一定的功，我們就可以按照下面的式子把功率計算出來：

$$\text{功率} = \frac{\text{功}}{\text{時間}}$$

時間的單位可以用秒、分、小時等，但一般在物理學上或工程上都用秒做時間的單位。那麼一部機器的功率，就是它在一秒鐘內所做的功。

在這裡我們必須注意，功率的大小，要由兩個因素來決定：一個是做功的多少；一個是所用時間的長短。我們不能不管時間而單從做功的多少來比較功率的大小；也不能不管做功或工作的多少，只從花費時間的長短來判斷功率的大小。例如起重機的功率雖大，但是一個工人挑一年的混凝土，一定比起重機一次所舉起的多。假如不考慮幾分鐘和一年的時間因素，那就會得出“起重機的功率不一定比人大”的錯誤結論了。

從這裡可以看出，要想有大的功率，必須在很短的時間內完成很多的功。為甚么願意用起重機和馬，不願意用人，就是因為起重機的功率比人的功率大，馬的功率也比人的功率大。同樣，汽車的功率比三輪車的功率大，拖拉機的功率比馬的功率大。

功率有那些單位

功率既然決定於功的大小和所用時間的長短，所以功率的單位也要由功的單位和時間的單位來決定。我們常用的功率單位有以下的幾種：

(1) 瓦特：如果功的單位用焦耳，時間的單位用秒，則

在一秒鐘內做功一焦耳的功率可寫為：

$$\text{功率} = \frac{1 \text{ 焦耳}}{1 \text{ 秒}} = 1 \text{ 焦耳/秒},$$

1 焦耳/秒定為功率的一種單位，我們叫它一瓦特。一瓦特就是在一秒鐘內完成一焦耳的功的功率。在電燈泡上有“60W”這樣幾個字，一般把它說成六十燭光，這是不對的，應該說是六十瓦特（瓦特是紀念英國科學家瓦特的意思，他對於蒸氣機的改進很有貢獻）。因為瓦特單位比較小，就用它的一千倍做為功率的另一單位，叫做千瓦特，即：1 千瓦 = 1000 瓦特。

發電機和一些別的機器上有着“KW”這樣的字，那就是標明它的功率的千瓦數。10KW，就是 10 千瓦。（這裡用的符號“W”是功率的單位“瓦特”的縮寫，和前面用 W 代表功的符號意義不同）。

在計算電功的時候，我們常用千瓦小時這個單位，一個千瓦小時就是通常所謂的一度電，或電表上的一個“字”。它等於功率為一千瓦的機器在一小時內所做的功。

（2）千克重·米/秒：在實用單位里，我們已經說過，功的單位用千克重·米，時間的單位用秒，則在一秒鐘內完成一千克重·米的功的功率為：

$$\text{功率} = \frac{1 \text{ 千克重米}}{1 \text{ 秒}} = 1 \text{ 千克重·米/秒}。$$

這就是功率的實用單位。

（3）馬力：功率的另一個實用單位是馬力。規定在一秒鐘內完成七十五千克重·米的功的功率叫做一馬力。換句話說，把七十五千克重的物體，於一秒鐘的時間里，向上移動一

米远的功率，就是一馬力，它也就是一个人在一秒鐘內把体重七十五千克重（即七十五公斤）的人举一米高的功率，事实上一个人不容易經常不断地在一秒鐘內，把七十五千克重的物体举高一米，所以說人的功率不够一馬力。这样規定的馬力——在一秒鐘內完成七十五千克重·米功的功率，是苏联和欧洲別的大陸國家所規定的，至於英美所規定的一馬力則是差不多等於七十六千克重·米/秒。

从上面講过的單位关系，我們可以換算出馬力和瓦特間的关系（註二）：

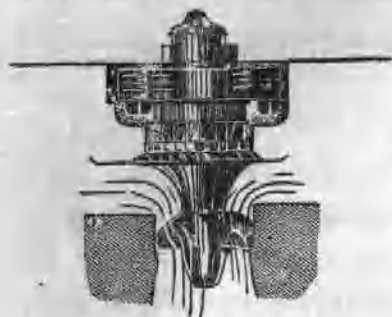
$$1 \text{ 馬力} = 735 \text{ 瓦特} = 0.735 \text{ 千瓦}; \quad 1 \text{ 千瓦} = 1.36 \text{ 馬力}。$$

如果遇到需要大略地把馬力的数目換算为千瓦时，就可以应用一馬力約略等於 $\frac{3}{4}$ 千瓦的关系來估計，如：一个机器厂的动力是二千馬力，我們可以立刻算出它相当於一千五百千瓦。只要記住上面的簡單关系，就可以很方便地把馬力換算为千瓦。

这里必須說明：“馬力”这个名詞是不恰当的：首先用“力”來表示功率就不恰当，其次普通一匹馬所做的功，比一匹馬力的机器在同一時間里所做的功要小，一匹馬的功率大約等於 0.4 到 0.6 馬力，只等於一匹馬力的机器的功率的一半。但人們已經習慣把“馬力”用作功率單位，也就不必更改了。一个人的平均功率等於 0.05 到 0.1 馬力。各种机器的功率大小不同，如縫紉机上的电动机的功率小到不够一馬力，汽輪机的功率大到几十万馬力，一般火車的机車的功率为一五〇〇馬力，輪船上的蒸汽机有的功率达到五〇、〇〇〇馬力的。

能——动能和势能

讓我們來觀察一下在生活和工作里常遇到的現象：如揮動鐵錘可以把木椿釘入堅土中而做功；流動空氣——風，可以吹着風車的葉片使它轉動而做功；飛行着的槍彈可以穿入鐵板而做功；測量用的測針可以從高處落下插入地內而做功；舉高的



圖二 流水推動水渦輪。

斧落下來可以把地基打實而做功；瀑布或湍激的流水可以推動水輪機使發電機發電（圖二）；氣缸內的蒸汽膨脹可以推動活塞使機器運轉；噴射機噴出氣流可以使飛機前進。我們說這所有的物體都做了功。另外如接電鍵接通電流，可以使電鈴振

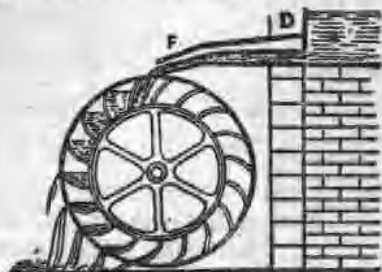
動使電爐發熱，使電燈發光，使電解質分解，使電動機轉動；燒煤發熱，可以使水沸騰，變為蒸汽，發動蒸汽機；炸藥可以炸開山石，修築隧道。電流、煤和炸藥也都做了功。我們從這些例子里可以看到在這裡所說的鐵錘，落下的瀑布，電路中的電流等都具有了做功的本領。物體做功的本領，也就是衡量物體各種運動的尺度，叫做物體的能量。

正如以上所談到的實例，能有很多形式，如機械能、熱能、電能、光能、化學能以及原子能等。今天我們只介紹力學里的兩種能——動能和势能，這兩種能合起來叫做機械能。

什么叫做动能

剛才說的流水疾風都可以做功，流動着的水可以推動水磨，水輪機而做功；風可以吹動風車帆船而做功；槍彈穿過木板鐵板做了功，揮動着的鐵錘也能做功。但是靜止的鐵錘不能打木樁，靜水不能推動水磨，子彈盒里的槍彈也不能穿透木板。從這裡我們可以知道，流水，飛彈及鐵錘所以能做功，是因為他們在運動的緣故。

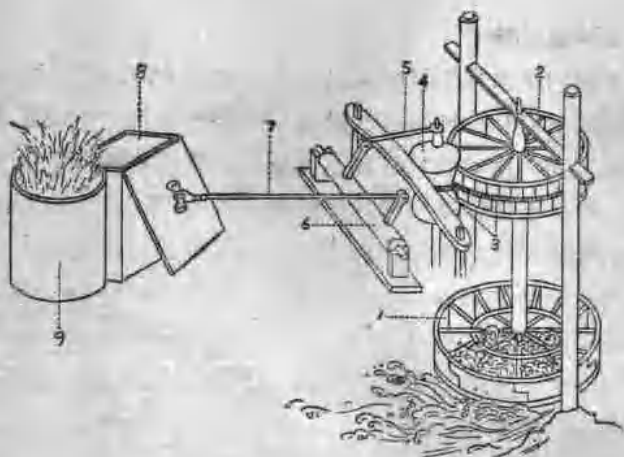
物體因運動而具有的做功本領就叫動能。應該注意的是具有動能的物體，只有在它運動遭受到阻礙的時候才能做功，當它正在運動着而未受到阻礙的時候並未做功。如吹着的風，



圖三 流水從水車上面沖擊，讓流水的動能轉變為水車的動能。

流着的水，空中的飛彈，汽管里的蒸汽，並未做功（不計摩擦的阻力），但當風吹到船帆上、流水沖到水磨上（圖三），我國古代祖先就發明了的臥輪式的水排風箱（圖四），飛彈穿進木板里，蒸汽沖出輪機鋼葉，則風對船帆，水對於磨，水排風箱，槍彈對於木板，蒸汽對於鋼葉都做了功。

動能的大小和那些因素有關係呢？現在以舉些例子來說明：一粒槍彈用手扔到木板上，槍彈不可能穿入木板，而從槍管里射出的槍彈就可以把木板穿透；把一塊石頭用手送給你，你可以毫無顧慮的接過去，假使用力扔給你，你就不敢用手去接了，因為這樣會打壞你的手。由此可知，動能的大小與運動體的速度有關：運動的速度愈快，動能就愈大。從另一方面看



圖四 我國臥輪式的水排風箱，是利用流水的動能轉變為拉動風箱的動能。原圖裝置名稱如下：

1. 下臥輪；2. 上臥輪；3. 繩索；4. 小輪（旋鼓）；
5. 曲柄（掉枝）；6. 滑軸（臥軸）；7. 往復桿（直木）；8. 木屑；9. 冶鐵爐。

馬路上如有一輛開得不快的卡車，又有一輛緊跟着它飛跑的三輪車兩種車的速度一樣，如卡車碰在電綫桿上，可以把電綫桿碰斷；而三輪車碰在電綫桿上，電綫桿可以毫無損失，反而把三輪車碰壞了。

由此可知運動速度相同的運動體，動能的大小和它的質量有關：質量愈大，動能就愈大，質量不同，動能也不同。如用紙做一輛大卡車，它絕對不能碰壞了電綫桿子，因為質量小，動能當然就小了。所以說動能的大小與兩個因素有關，一個是運動體速度的大小，另一個是運動體質量的大小。

根據實驗或推理的結果，這關係可以寫成一個公式：

$$\text{动能} = \frac{1}{2} \times \text{質量} \times \text{速度}^2$$

用符号表示就是 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ (式中 E_k 表示动能, m 表示物体的質量 v 表示物体运动的速度)

这个关系告訴我們: 物体的質量擴大兩倍, 动能就擴大兩倍; 而速度擴大兩倍, 动能就擴大四倍。物体的質量擴大一百倍, 动能就擴大一百倍; 而速度擴大一百倍, 动能就擴大一萬倍。

物体因为运动而具有的做功本領——动能, 可以利用它來做有益於人类的功, 如瀑布从高处流下, 可以推动水輪机, 使电机發電。但如果不加控制, 它也可以做与人类有害的功, 如洪水的速度和流量太大时, 就能够冲毀桥樑堤坝, 淹沒農田村庄, 造成災害。

什么叫做势能

不僅运动着的物体可以做功, 物体由於高度或形狀改变也可以做功。例如: 举起的斧头落下去可以劈开木柴; 提起來的斧落下去可以把土打实; 拉弓可以射箭等。

物体由於高度和形狀改变所具有的做功本領叫做势能, 或者叫做位能。

这里應該說明: 具有势能的物体, 只有在它落下來或恢复原來形狀的时候才能做功, 当它在高的地方靜止不动时, 它並不能做功, 不过有做功的可能性罢了。如高山上靜止的水並不能推动水輪机而做功, 但是它有做功的可能性; 而当高山的水向下流动形成瀑布或急流, 就能推动水輪机使發電机發電。已拉弯而未放手的弓也已有了做功的可能性, 所以当放手后它要恢复原狀, 而把箭放出去, 就对箭做了功。

势能有兩类：物体由於位置的高度变化所具有的做功本领叫做重力势能；物体由於形狀的改变所具有的做功本领叫做彈性势能。

經驗証明，物体的重量越大，落下时經過的高度越大，它做的功也越大，也就是說具有的势能越大。例如建筑房屋打地基时，必須打夯，夯的重量越大，落下时經過的高度越大，它做的功也越大，土砸得越結实，地基就容易打牢。从另一方面來看，物体越重，举得越高，举高时所需要的功就越大。所以物体在一定高度，对地面的势能的大小（当它落到地面时所做的功），可以用举起此物体到这个高度时所做的功來量度。

如想把一个重量为 W 的物体，从地平面匀速地直举到高 h 的位置，假定不受任何阻力，我們必須用一个和物体重量 W 大小相等方向相反的力，不停地作用在物体上來克服重力作用才行。用力 W 把物体举高 h 所做的功等於 Wh ，也就是这一物体，从高度 h 处落到地面时所做的功，所以此时物体的势能就是 Wh 。

因此，

$$\text{势能} = \text{重量} \times \text{高度}$$

用符号表示就是 $E_p = W \cdot h$

式中 E_p 表示势能， W 表示物重， h 表示高度。

物体的重量大一倍，势能就大一倍，高度擴大一倍，势能也擴大一倍，一个小石子从屋頂上落到头上，感覺到比从門上掉下來的打得痛的原因也就在这里。

还可以举个例子來說明：利用水力发电，不光是有水就行，或者水能流动就行，必須有一定的落差，落差就是兩個水

面間的高度差。落差愈大，势能也愈大，便能多做功。如北京城里北海的水，从玉泉山引來虽然也在流动，但是不適宜利用來發電，因为它水面的高度差很小，利用作为發電的动力就嫌太小。利用水力來發電必須要有適當的落差，但光是落差大还不能作为發電的条件，还必須有一定的流量才行。如雨水是从高空落下來的，却不能利用它發電，因为它的重量太小。要是水从山区流下，对平地有一定的落差，又有一定的流量，才能利用它來推动水輪机，使發電机發電。我國西北、东北和西南等地区，多半是山地和丘陵地帶，地形高低不平，河床高低也不相同，因而使上下游河水形成大小不同的落差。所以在这些地区利用水力發電最適宜也最經濟。在華北平原缺少落差適當的河流，而且夏季雨多，河流中波濤汹涌，流量極大；冬季雨少，河流中水量減少甚至枯干，因此在平原地帶，利用水力來發電，除了採用水庫的办法就比較困难了。

能的轉变和能量守恒定律

能的轉变

高山上的水具有势能，流下來就可以成汹涌的洪流，而具有动能。把一根彈簧拉長了，使它具有了势能，放手后它可以迅速縮回，而具有动能。流动着的水蒸汽升到空中就具有势能，水蒸汽在空中遇到冷，便結成小水点（雨），落下來它的势能就变成了动力。用手把單擺的擺球从平衡位置 A 拉到 B，使它具有了势能（圖五）；放手后擺錘就擺动起來，势能变成了动能；到 A 点，势能最小（等於零），动能最大；再到 C 点，势能最大，动能就变为零。从这些例子可以看出势能可以