

王文澄 王文华 译



# 煤矿电气 工人

煤炭工业出版社

TDB  
6

# 煤矿电气工人

英国国家煤炭局工人培训部

王文澄 王文华 译

煤炭工业出版社

A829235

---

## 内 容 提 要

本书是根据英国国家煤炭局工人培训部(NCB Industrial Training Branch), 1976年出版的《煤矿电气工人》(Colliery electrician)一书译出。是英国培训煤矿电工的一本讲义。

该书对电的基本原理、电机、电器以及煤矿用的防爆和安全火花设备的原理, 使用维修和安全用电等方面均作了较为深入浅出的讲解, 并用生动形象的图解配合, 使读者易懂易记。可做为煤矿或其他矿山、工厂培训电工用的参考书, 也可供一般电工和机电技术人员自学之用。

National Coal Board  
COLLIERY ELECTRICIAN  
Butler & Tanner Ltd 1976

\*  
煤 矿 电 气 工 人  
王文澄 王文华 译

\*  
煤炭工业出版社 出版  
(北京安定门外和平北路16号)  
煤炭工业出版社印刷厂 印刷  
新华书店北京发行所 发行

\*  
开本 $850 \times 1168^{1/32}$  印张 12  
字数 318 千字 印数 1—6,100  
1981年 9 月第 1 版 1981年 9 月第 1 次印刷  
书号 15035·2396 定价 1.50 元

## 原 序 (摘译)

只有懂了电的原理才能安全地当好电工

编写这本书的目的是培训煤矿电工。通过这本书的学习，能基本上掌握煤矿电工基础理论及实际知识，使他们能够安全地对煤矿中常用的电气设备进行安装、使用和维修。在煤矿中，绝大部分的电气事故，是由于缺乏电的基本原理知识造成的。很多人还不知道电是非常危险的，他们自己认为身强力壮，能够承受电击，其实这种思想是对电知识无知的表现。有时也可能发生触电而没有致命的情况，但这是侥幸，只要情况稍有改变，就可能导致残废或死亡。在本书中，特别强调要严格遵守规程，如在检修设备时，必须先切断电源，切莫在不知情况下动手，有不清楚的地方，应即请教有关专业人员，不可有任何冒险行为。

### 如何使用这本书

本书是培训煤矿电工用的一套讲义，供他们在学徒期间，学习电的基本概念，煤矿常用的各类型电气设备和电气系统的理论和实际知识之用。

在选材方面，着重收集了做为一个出色的煤矿电工有实用价值的知识。限于篇幅，对一般电学就省略了，对一些重要的课题做扼要的叙述。书中给出了与培训电工有关的数学公式；并力求做到对大部分煤矿工人的培训提供一些有用的知识。

本书不能做为一般规范使用。书中的量度尽可能用公制给出。

英国国家煤炭局工人培训部

1976年

# 目 录

---

## 第 一 章 电的基本原理



1

## 第 二 章 电流的效应



20

## 第 三 章 交 流 电



28

## 第 四 章 电 和 磁



41

## 第 五 章 电 容



60

## 第 六 章 电 子 学



67

## 第 七 章 电 工 材 料



78

## 第 八 章 测 试 设 备



85

第九章  
防爆设备



..... 114

第十章  
安全火花设备



..... 124

第十一章  
蓄电池



..... 137

第十二章  
整流器



..... 150

第十三章  
交流电动机



..... 161

第十四章  
直流电动机



..... 180

第十五章  
开关箱



..... 202

第十六章  
变压器



..... 225

第十七章  
电 缆



..... 235

## 第十八章

采煤工作面控制设备



265

## 第十九章

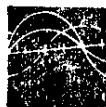
井下用的电气设备



282

## 第二十章

功率因数



300

## 第二十一章

电气照明



306

## 第二十二章

电话及扩音系统



321

## 第二十三章

信号系统



339

## 第二十四章

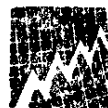
放炮



363

## 第二十五章

触电及人工呼吸



373

## 标准及规程



378



## 第 一 章

### 电 的 基 本 原 理

电是能量的一种形式。

在彻底了解这一论点之前，必须弄明白能量的性质。所以，本书一开始就对能量及其性质进行概要叙述。

### 能 量

在我们周围到处都有能量。它既看不见又抓不着，但它的效应却能被看到，听到，感觉到。车辆的运行，太阳的光，燃烧的煤产生的热，以及一只电铃的响声，都是能量释放产生的效应。

当能量释放时，它将以热、光、运动和电等几种能形式产生其效应。

一辆汽车沿街道行驶，就是能量以运动形式表现出来的例子。当煤燃烧时，能量以热的形式被释放出来（同时有一小部分是光的形式）。以某种形式释放出来的能，称为活动能（动能）。

当能量还没有发挥效应时，也就是当它还没有活动时，它被称为潜能（势能），可认为是贮存的能。潜能是被贮存着的，例如它存在煤和汽油中，它需要某些操作以使其释放能量；例如用火去点燃煤或点燃汽油蒸气。一辆在斜坡顶部的矿车，由于其高于斜坡底而具有潜能（势能）。如果容许矿车滑下斜坡，能量就以运动的形式释放出来（图1.1）。

能量是一种可以被测量或计算的量。动能产生的效应的大小，取决于能量被释放的数量。例如炸药被引爆时能量被释放出来。当一个炮眼爆破时，释放的能量用来落煤或落石头。假如几个炮眼同时引爆，其效应将更大，更多的煤或石头被放落下来。

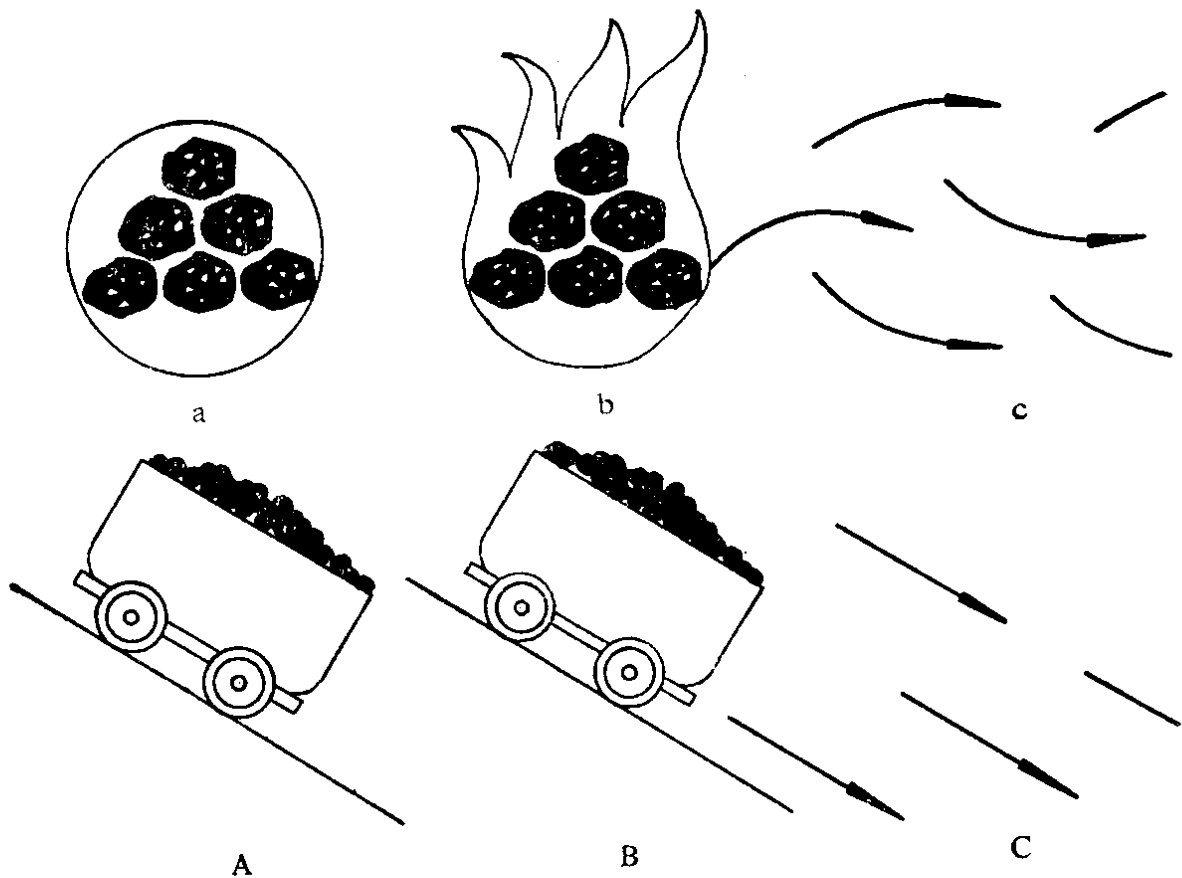


图 1.1 能量

a—煤含有潜能；b—当煤燃烧时能量被释放出来；c—热效应  
A—位于斜坡高处被制动住的矿车具有潜能；B—当制轮木拿开后，  
车下滑能量被释放出来；C—运动效应

### 从一种能转变为另一种能

每一种效应均包括有从一种形式的能，转变为另一种形式的能。很多效应包含着由潜能转变为活动能。也有的效应是由一种形式的活动能变为另一种形式的活动能。当一种效应产生之后，能量虽然可能被分散，以致于它不再能产生显著的效应，但能量还是又被贮存为潜能。

一台蒸汽提升机，可以提供很好的例子。贮存在煤中的潜能，在锅炉中被转变为热。能量被高压蒸气从锅炉输送到汽缸，在蒸汽机的汽缸中，由于蒸汽的膨胀，能量以运动形式释放。当提升机把罐笼提到井上时，它已将运动形式的能转变为潜能；这也就是，罐笼达到了高于井底的高度所具有的势能（图 1.2）。

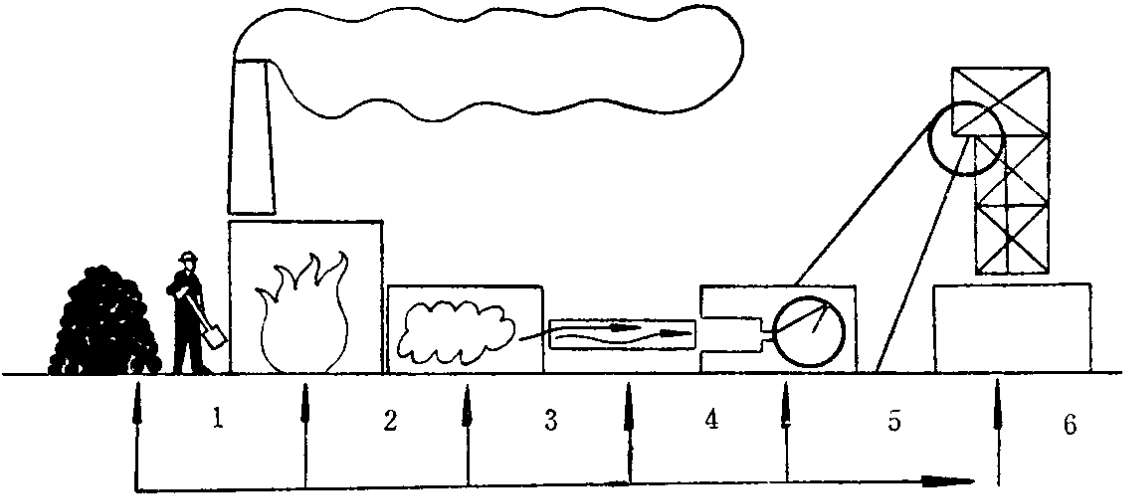


图 1.2 能量的转换

1—煤含有潜能，2—能量以热（活动能）形式释放， 3—热被用来产生蒸汽，4—蒸汽保持热能，5—蒸汽膨胀释放能量， 6—运动效应（活动能）

### 能 量 不 灭

关于能量的一个重要事实是：它不能被毁灭。假如你能把今天宇宙中的所有能量，不论是什么形式的，潜能也好，动能也好，都加起来；并和昨天，去年，或者一百年前宇宙中的能量的数量相比较，你将会发现总量是既没有增加，也没有减少。

在任何效应发生之初的全部能量，一点也不少地，以某种动能或潜能的形式保留在效应发生之后；这就是能量守恒定律，这也就是，在我们生活的这个世界上一个最基本的事实。

### 能 量 的 控 制

所有工程的目的，在于使能量产生有用的效应。为了使能量产生有用的效应，能量必须受到控制。如果能量是随便乱释放，那么它产生的效果是难以预料的。例如，煤矿的顶板突然冒落而放出了能量，那将没有一个人能说出如何利用这些能量。这些能量可能完全无害地分散掉；但另一方面，它也可能引起我们很怕发生的人身伤害和机器的损坏。因而没有一个人能在这种能量释放之前预告些什么。我们是完全不能利用这些能，去做任何有用

的功的。

在使宇宙中储存的能为我们做功之前，有两个必要的条件需要满足。第一，必须能够掌握能量以产生我们所需要的效应；第二，必须能够按我们的需要去停止或开始释放能量。也就是我们要有办法控制它。

## 机 器

在我们日常生活中，我们周围就有许多设计来控制能量的装置。如洗衣机，汽车，起重机，牵引设备等等；这只不过是很少的例子。实际上，所有机器都是控制能量，使它产生一定效应的装置。

在一辆汽车中，我们会很精确地控制能量的释放。我们能借助于起动和停止发动机，来开始和停止释放能量；当发动机正在转动时，能量也就正在被释放出来，我们能用踩下或松开加速器（油门）来控制能量的释放率（图1.3）。

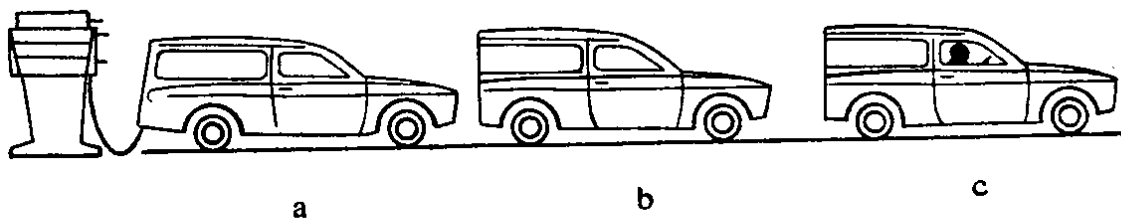


图 1.3 能量的控制

a—汽油含有潜能；b—汽车发动机利用汽油含有的能量产生运动；  
c—司机用加速器控制能量释放率并控制运动的方向

对于蒸汽提升机，能量控制是不怎么严密的。因为在某一特定时间，不论提升机是开动还是不开动，必须不停地烧煤释放能量。但是，提升机司机能够开始和停止能量向提升机的流动。当提升机不工作时，某些释放的能量只好被损耗掉。

释放能量产生的效应，取决于设计来专门产生这个效应的机器。例如一辆汽车，其效应就是使它自己运动；而一台提升机则是使罐笼运动。

## 机器如何控制能量

因为每一种物理效应都要遵守能量守恒定律，所以供给一台机器的能量，必将被该机器以某种形式消耗掉。但无论如何，没有一台机器能设计成将全部供给的能量，转换为一种特定的效应。

有一部分能量消耗于使机器自身开动；例如蒸汽提升机有一些能量消耗于活塞、连杆、飞轮和滚筒的运动。通过这些部件转换热能为罐笼的运动的。事实是，用于驱动机器本身用的能量，被消耗于机器的转换控制过程。

除去用于使机器作功的能量外，经常总是有某些其他不产生有用效应的能量的消耗。锅炉里的煤燃烧放出的某些热能，直接消散于锅炉房的大气中，上升到烟囱中。有更多一些的能量在热蒸汽过阀门时漏掉。设计师寻求设计能量损耗最少的机器，但是到目前为止，还没有制造出十分完善地控制能量的机器来(图1.4)。

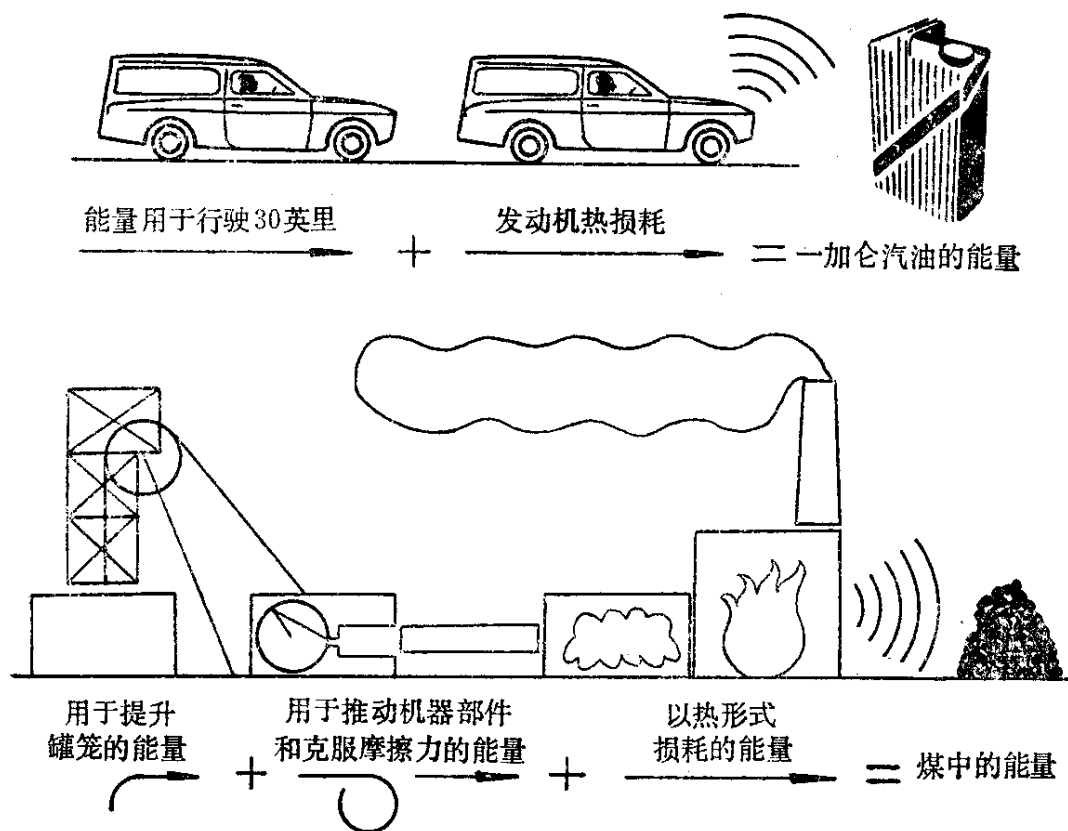


图 1.4 能量的分配

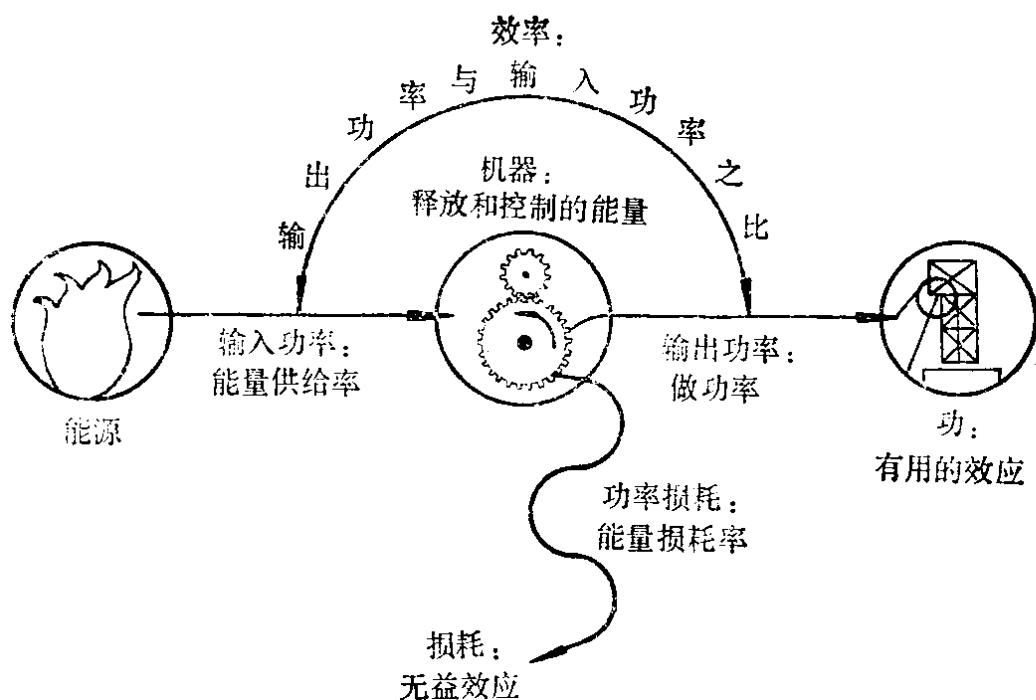


图 1.5 输入、输出和损耗

## 输入、输出和损耗

机器被设计来产生的有用效应，称为它的功能，它产生效应的能力，就是它的输出。供给机器的能量称为输入；漏掉的能量，或消耗于推动机器本身所用的能量叫做损耗。

## 功率

能量的供给率或消耗率称为功率。一台机器完成它的功能的能力，称为它的输出功率。对一台机器的能量供给率，称为它的输入功率；而用于克服阻力，或是消散的能量耗损率，称之为损耗（图1.5）。任何机器的输入功率等于输出功率加损耗功率。

## 效率

输出功率与输入功率之比称为效率。效率通常以百分值表示：也就是，假如一台机器能转换输入给它的能量的十分之八为有用的效应（或功），损耗十分之二的能量，它的效率是十分之八，或百分之八十。

# 电

电动机、电铃、电灯和所有各种型式的电气设备，是做为控制能量按电的形式释放的装置。所有形式的能量均遵守能量的基本定律，所以对电气设备来说，能量守恒定律，功率，输入、输出、损耗和效率的原理也完全和蒸汽机，以及其他机器是一样的。但电能的释放也还要遵守它自己的一些更为特殊的定律，用以区别电和其它形式能量所具有的不同性能。

## 电 荷

电能的基本物质是电荷。有两种电荷：正电荷和负电荷。这两种形式的电荷是物质原子结构的基本成分。每一个原子由一带正电粒子（质子）的原子核，和围绕它旋转的带负电粒子（电子）所组成。正常情况，原子中电子的数目和质子的数目相等，因此原子是处于电平衡。假如一个物质的绝大部分原子是电平衡的，这物质被称为电气中性，或未充电。有时物体失去了其原子中的一些电子，则它就有了比电子更多的质子，结果是物体带有正电；反之，一个物体得到比需要平衡的原子中的质子更多的电子，这物体就带有负电。

电荷具有磁极一样的彼此有作用力的特性。相同的电荷，也就是两个正电荷或两个负电荷彼此互相排斥；而两个不相同的电荷，一个负的和一個正的互相吸引（图1.6）。电荷间的吸引和

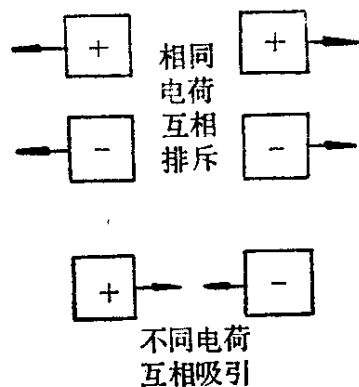


图 1.6 电荷

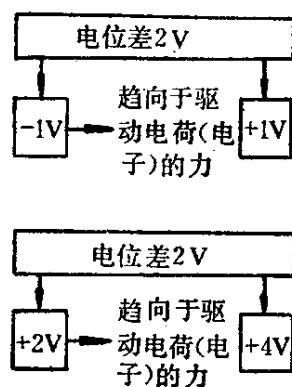


图 1.7 电位差

排斥，能够通过研究带电的小物体间的吸引和排斥的现象来证明。直接作用在带电物体它们自身上的吸引力和排斥力，比起磁力是很微弱的，因而很少用之于电气设备，但是，单位电荷，也就是电子和质子之间的作用力，是电能的最基本单位。

## 电 势（电位）

当物体带正电或带负电时，物体中就贮存有电能。因为能量是被容纳在电荷中，为此必须抵抗彼此存在的排斥力强迫使电子靠在一起，或抵抗电子与质子之间要保持在一起的吸引力强迫使它们分开。任何一个给定的物质所存贮的电荷量，取决于它损失了多少电子，或是它已经得到多少外加的电子。作为原子的一部分的电子实际是非常小的，移动数以百万计的电子才能产生一个可被测量的电荷值。

物体充电的程度称为电势，也就是它距离电中性状态有多大。电势由电荷量来区别。一个给定量的电荷，能使不同的物体升高不同的电位，此电位则决定于物体内部的平衡电荷有多少被打破了平衡。

电势可以用一个带有电荷的物体与整个地球做比较来测量。地是电中性，所以没有电势。电势的单位是伏特。假如一个物体带正电，它被称为有一个正电势，并且它的电压是正，例如正4伏特（+4伏特）。

## 电 位 差

如果两个物体被充电到不同的电势，则它们之间存在一个电位差。这个差值如同一个单个电荷与地的差一样，以伏特计量。

假设一个带正电物体具有正1伏特电势，和一个带负电的物体具有负1伏特电势，则两物间的电位差是2伏特。类似这样，如果一个物体带正电为正4伏特电势，而另一个是正2伏特电势，所以它们二者之间的电位差也应为2伏特（图1.7）。

## 电 流

任何两个物体充电到不同的电势时，其间就有一个力使电荷在它们中间通过，以便把它们的电势拉平。这个力有时称为电压力，通称电压。它就是由于曾被克服了电集约作用而充电的物体，在其电子和质子间存在的试图重新分配电子的力。

电压力的强度由两物体间的电位差的大小决定，电位差越大，力的强度越大。力的大小不受电荷极性的影响。两个具有2伏特电位差的相同电荷，与两个具有2伏特电位差的两个不同电荷间的力是相同的（图1.7）。电压可以用电压力来衡量，因为电压力是和电位差成正比的。

只有在两物体间连接上可以许可电通过的物体时，电荷才能通过一个电位差而流动。通常电荷的通过，采取带负电的粒子移动的方式，但有时也有带正电和带负电的粒子（即质子和电子）双向移动的。当把带电的两物体间联接起来后，电荷流通到两物体达到相同电位时停止（图1.8）。

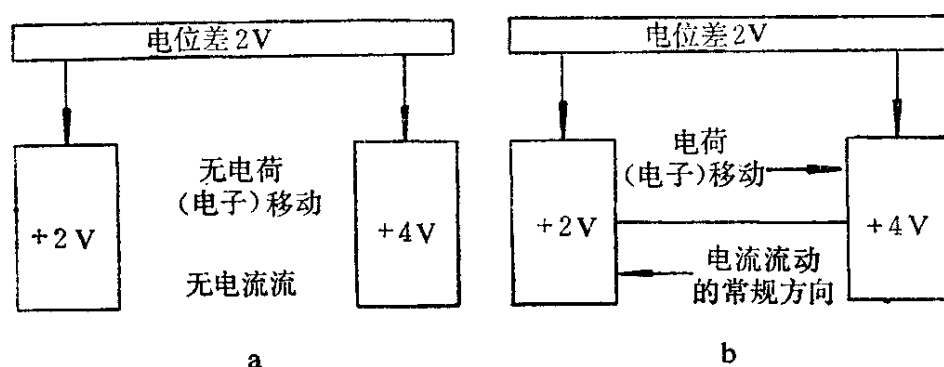


图 1.8 电流

a—在电荷间无电气连接； b—在电荷间有电气连接

当电荷从一处移动到另一处，我们说，有一个电流在流动，电流总是被认为是从较为带正电的物体，流向较为带负电的物体。谈到电流，往往是有更多的正电荷的叫正，有更多负电荷的叫负，而不管它们本身是具有相同或不相同的电荷。通常的规定是这样的：电流由正流向负。电流的强度是以由一处流到另一处的电荷通过率来衡量。电流强度的测量单位是安培。

导体和绝缘体

通常电流只在用适当金属做成的通路中流动。许可电流容易流过的物体称为导体。金属是主要的导体；但炭是一种重要的非金属材料。不容易导电的材料叫做非导体；至于那些实际上完全阻止电流流动的材料，如木材，聚氯乙烯（PVC）塑料和瓷被称为绝缘体。

能量的释放

当两个带电的物体间连接起来时，有一个电流流通，电荷中存贮的能量被释放出来（图1.9a和b）。被驱动流于两个带电体之间的电流，流经设计来用以产生特定效应的设备，以利用电流的能量。

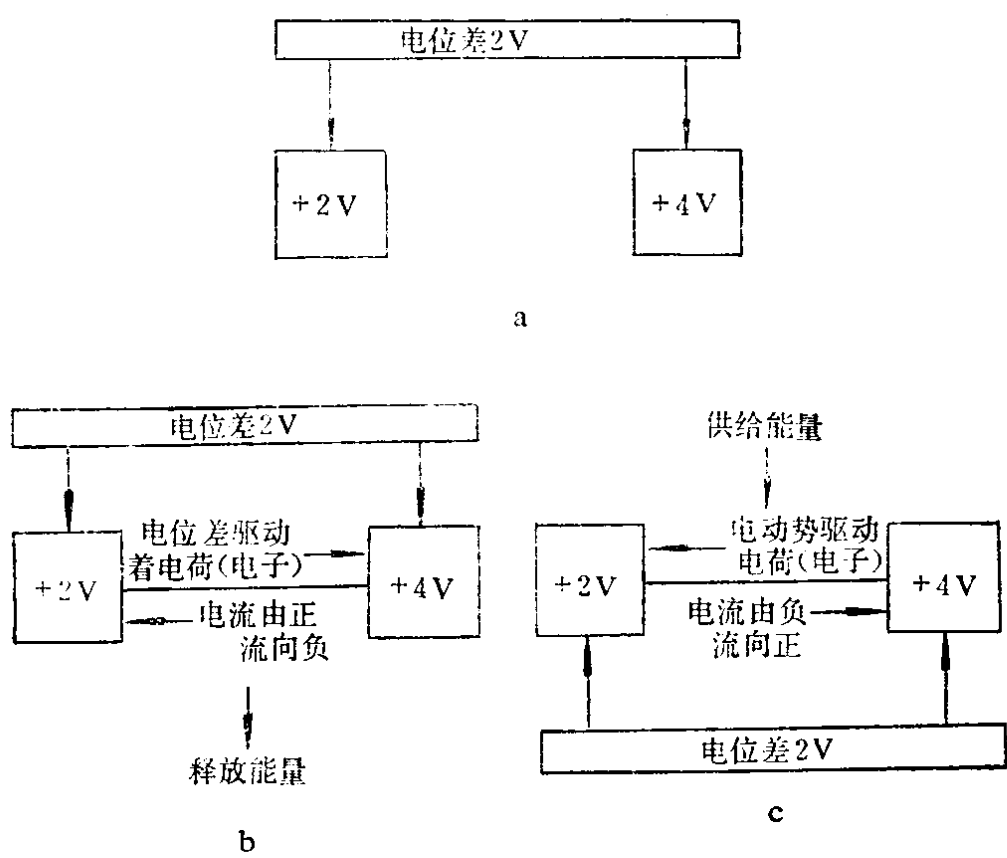


图 1.9 能量的释放和能源

a—无电流；电位差代表潜在的电能；b—电流由正流向负释放出有效能量；c—能源电流由负流向正产生电位差