

工人技术培训教材

电工 常识

董文权 任国琳 编

哈尔滨船舶工程学院出版社

内 容 简 介

本书较全面地阐述了非电专业三级工必须掌握的电工基础知识和安全用电常识。内容包括：直流电路、磁场和电磁感应、交流电路、变压器与焊接变压器、交直流电动机、常用电器及控制电路、常用电动工具及电气设备的使用方法等。书中并选有一定数量的练习题。

本书既可作为非电专业的船舶技工的基础课教材，也可供其它行业具有初中文化水平的职工自学。

电 工 常 识

董文权 任国琳 编

哈尔滨船舶工程学院出版社出版

北京市新华书店发行

测绘大队印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6.625 字数149千字

1987年3月第1版 1987年3月第1次印刷

印数：1—9,000册

统一书号：15413·019 定价：1.40元

前 言

为了落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，搞好船舶工人技术理论教育工作，加强智力开发，提高职工素质，以适应社会主义现代化建设和振兴船舶工业的需要。中国船舶工业总公司人事部组织了上海船舶工业公司有关船厂，在调查研究和总结经验的基础上，根据总公司《船舶工业造船工人技术等级标准》的要求，编写了船厂二十一个工种的初、中级《造船工人技术理论教育教学计划与教学大纲》。

根据这些教学计划与教学大纲的要求，我们组织一些船厂有实践经验的工程技术人员及有丰富教学经验的教师，编写了五十种船舶工人技术培训教材，并聘请技术水平较高、经验丰富的同志担任主审。在编写过程中，广泛地听取了各船厂的意见，增强了教材的适应性。

编写的教材有：放样号料工、冷加工、火工、装配工、焊接工、批铆和密性试验工、气焊气割工、船舶钳工、船舶管铜工、螺旋桨工、船舶板金工、船舶电工、船舶木塑工、除锈涂装工、船舶泥工、起重吊运工的工艺学，及船体结构、船舶概论、船体制图、船体结构与识图、船体加工设备与工夹模具、企业管理常识、电工常识、机械制图、船舶常识、船舶电工学、电工基础、船舶电气工程概论、电工仪表与测量、船舶电站与电力拖动、船舶导航概论、木工制图、

电动起重机原理及操作、金属材料及热处理、画法几何、船舶柴油机结构和修理等。

这些教材力图体现工人培训的特点，既考虑到当前造船工人的文化水平，做到通俗易懂，又要有一定的理论深度，适当考虑到长远的发展；既做到理论联系实际，又注意到知识的科学性、系统性和完整性；既体现船舶特色，又兼顾不同类型船厂的需要；既便于集体组织教学，也便于个人自学。

这套教材主要用于船舶工人相应工种的初、中级技术理论教育，也适用于对口专业职业高中和技工学校的教学，有的也可作为其它类型工厂的工人培训教材。相应专业的科技人员、专业教师及管理人员也可选作参考书。

这套教材的出版，得到了哈尔滨船舶工程学院、有关地区公司、船厂的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

编写船舶工人培训的统一教材还是第一次。由于时间仓促，加上编写经验不足，教材难免存在不少缺点和错误。我们恳切希望广大读者在使用中提出批评和指正，以便进一步修改、完善，不断提高教材质量。

中国船舶工业总公司教材编审室

一九八三年七月

目 录

第一章 直流电路	1
第一节 电的基本概念.....	1
第二节 电阻、导体、绝缘体和半导体.....	13
第三节 欧姆定律.....	16
第四节 电功与电功率.....	20
第五节 电流的热效应.....	22
第六节 简单直流电路的计算.....	24
第七节 电位的计算.....	33
第二章 磁场和电磁感应	39
第一节 磁现象的基本知识.....	39
第二节 电流的磁场.....	42
第三节 磁场对载流导体的作用力.....	45
第四节 电磁感应.....	48
第三章 交流电路	60
第一节 交流电的基本概念.....	60
第二节 交流电的参数.....	63
第三节 交流电的相位.....	64
第四节 交流电的有效值.....	67
第五节 交流电的矢量表示法.....	69
第六节 简单的交流电路.....	72
第七节 三相交流电路.....	81

第四章 变压器与焊接变压器	90
第一节 变压器.....	90
第二节 几种常用变压器.....	99
第三节 电焊机.....	105
第五章 交直流电动机	124
第一节 电动机的分类简介.....	124
第二节 交流异步电动机.....	125
第三节 异步电动机的起动.....	137
第四节 异步电动机的调速与制动.....	142
第五节 三相异步电动机的铭牌数据.....	145
第六节 单相异步电动机.....	147
第七节 直流电动机.....	150
第六章 常用电器及控制电路	165
第一节 常用电器的种类及用途.....	165
第二节 自动控制电路.....	172
第七章 常用电动工具、电器设备的正确 使用方法	184
第一节 电动工具的用途与分类.....	184
第二节 电动工具的结构和性能.....	186
第三节 金属切削加工和装置用电动工具.....	188
第四节 木材加工用电动工具.....	192
第五节 电气照明.....	195
第六节 安全用电.....	202

第一章 直流电路

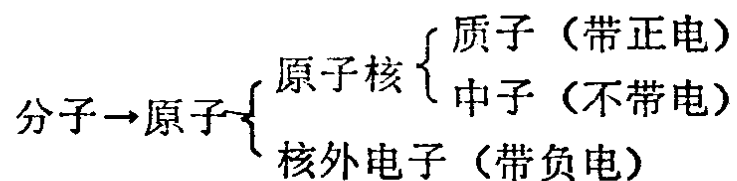
第一节 电的基本概念

一、电流

1. 什么叫电流

为了使大家从根本上理解电流的含义，我们首先要谈谈物质的原子结构。

我们说，人类发现了电的现象，而不是说发明了电。这是为什么呢？这是因为电是一切物质所具有的一种属性，是自然界客观存在的一种自然现象，是物质本身所固有的，而不是人类创造的。早在地球上没有人类之前，电就存在于一切物质之中。现代的物理学和化学告诉我们：世界上尽管有千万种物质，如金属、玻璃、塑料、空气、水等，它们的性质都各有不同，但这些物质都是由下列结构所构成的



每一个原子都包含有一个处在原子中心的带正电的原子核和核外带负电的电子构成。图 1-1 所示为铝原子结构图。不同的原子，其原子核外面的电子数目也不相同。但在同一

原子中，质子与电子所带的正、负电荷必定相等。所以就整个原子来说，正、负电荷的作用正好抵消，即平时物体对外界不显示带电现象。

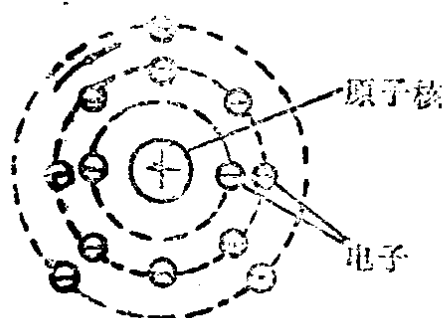


图1-1

原子核吸引电子的吸力大小与距离的平方成反比。靠近原子核内层轨道的电子与原子核之间的吸引力比较强，不易脱离原子核；而最外层轨道的电子受核的

吸引力比较弱，所以很容易摆脱原子核的束缚，跳到轨道外面去。如果由于某种外力的作用，使离原子核较远的外层电子摆脱原子核的束缚，从一个原子体跳到另一个原子上，原子的电中性被破坏，这个原子就带正电。如飞出轨道的电子被其它原子吸收，则吸收电子的原子就带负电。在很多金属原子中，由于最外层轨道的电子受原子核的束缚力较弱，就很容易从轨道上挣脱下来成为自由电子，所以在金属中存在着大量的自由电子。这些自由电子不再受原子的束缚，在导体中做着紊乱的没有规则的运动，如图1-2所示。运动的方向各不相同，运动的速度也不一样。这些电子在杂乱无章的运动中经常去占据另外一些电子的位置。



图1-2

当我们把某一段金属导体与一个电池连成一闭合回路时，导体中的自由电子（即负电荷）的运动就不再是紊乱的了。假设某一金属导体中只含有3个原子，依次给它们编号

1*、2*、3*，如图 1-3 所示。1*原子中的自由电子受到电池

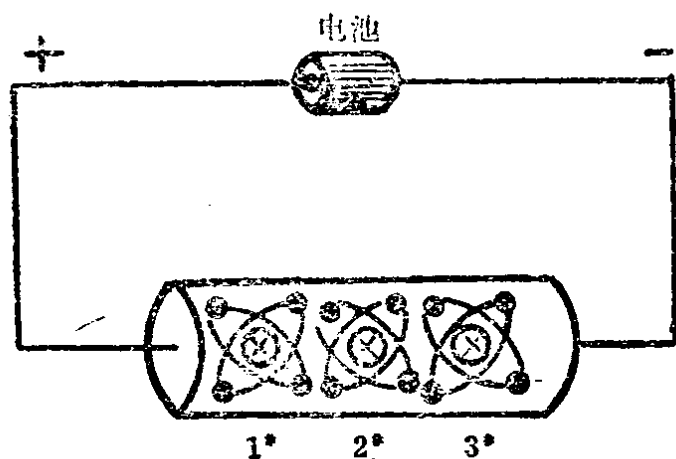


图1-3

正极的吸引，驱使电子脱离原子核向电池正极运动。此时1*原子失去电子显正电。这时它要吸引 2* 原子中的电子，使 2*原子中的电子脱离2*原子核的束缚，向1*原子运动。依次下去，相当于3*电子移到2*位置，而2*电子移到1*位置。简而言之，即电子作定向运动，就形成了金属导体中的电流。

2. 电流的方向

通过导体中的电流就好比管道中的水流一样，有着一定的流向。按理，电流的方向应该与电子流的方向相同，可实际上我们所规定的电流方向恰好与此相反，如图 1-4 所示，即把正电荷流动的方向作为电流的方向。这是因为前人对电流缺乏本质的认识，认为电流总是从电源的

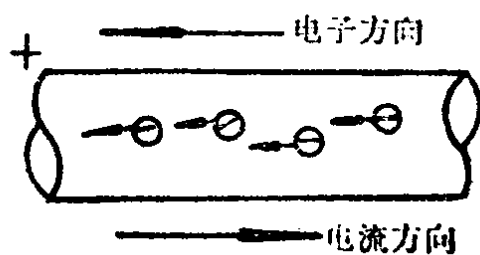


图1-4

正极流向电源的负极。后来，在了解了物质的原子结构之后，才发现这种规定与电流的实际方向正好相反。只是由于已经习惯于长期沿用的概念，因此人为地规定了电流的正方向。

3. 电流强度

电流的大小用电流强度来表示。电流强度在数值上等于1秒钟内通过导体横截面的电量的多少（图1-5）。通常

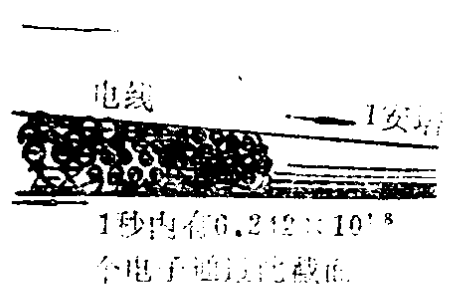


图1-5

所说的电流大小，就是指电流强度的大小。电流强度用 I 表示，单位用安培 (A) 表示，简称安。实用规定，在1秒内有 6.242×10^{18} 个电子通过导体横截面的电流，称为1安培，用数字式子表示

$$I = \frac{Q}{t} \tag{1-1}$$

式中 Q 表示电量，单位是库仑； t 表示时间，单位是秒； I 表示电流强度，单位是安培。常用的电流强度单位还有毫安 (mA)、微安 (μA)。它们之间的关系是

$$\begin{aligned} 1 \text{ 安培} &= 10^3 \text{ 毫安 (mA)} \\ 1 \text{ 毫安} &= 10^3 \text{ 微安 (}\mu A\text{)} \end{aligned}$$

电路中电流的大小可用电流表来测量。测量时，断开电路，把直流电流表接在被测电路里，如图1-6所示。电流表指示的读数，即为电路电流的大小。测量直流电流时，必须注意仪表正负极性，电流必须从接线柱正端流入。如果接反了，表针就要反摆，容易损坏表内机件。测量电流强度时，

还应注意电流表的量程范围一定要大于电路中实际电流的数值，否则将使电流表过载，使电流表烧坏。

4. 电流的种类

电流可分为直流电和交流电两种。

如果电流的大小和方向都不随时间而变，称为直流电，如图1-7(a)所示。

当电流的大小和方向均随时间按一定的规律而变化时，则称为交流电，如图1-7(b)所示。

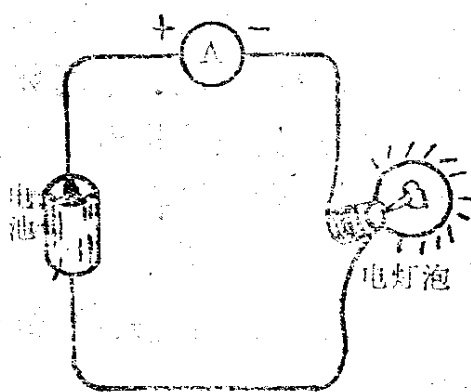


图1-6

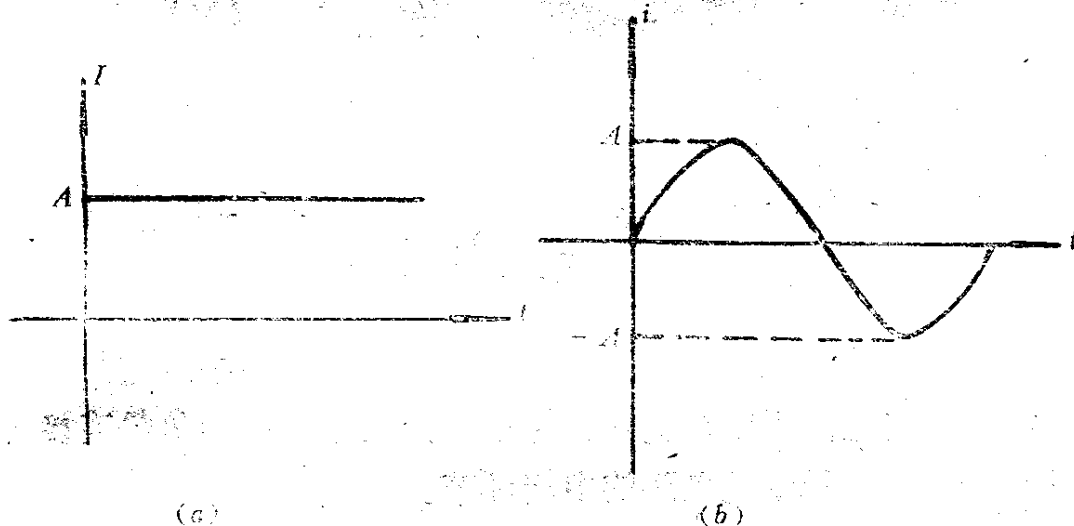


图1-7

二、简单的电路组成

电路是由电工装置以及电源组成的总体。它提供了电流

通过的途径。任何一个简单的电路都必须要有三个部分组成，即电源、负载、中间环节。电源是指电路中用来供给电能的设备；负载是指电路中把电能转换为其它能量的设备（或者说用电的设备）；中间环节是指连接导线、开关等辅助设备。这三个部分是构成电路不可缺少的部件。

手电筒是大家熟悉的用品，如图1-8(a)就是一个最简单的电路。

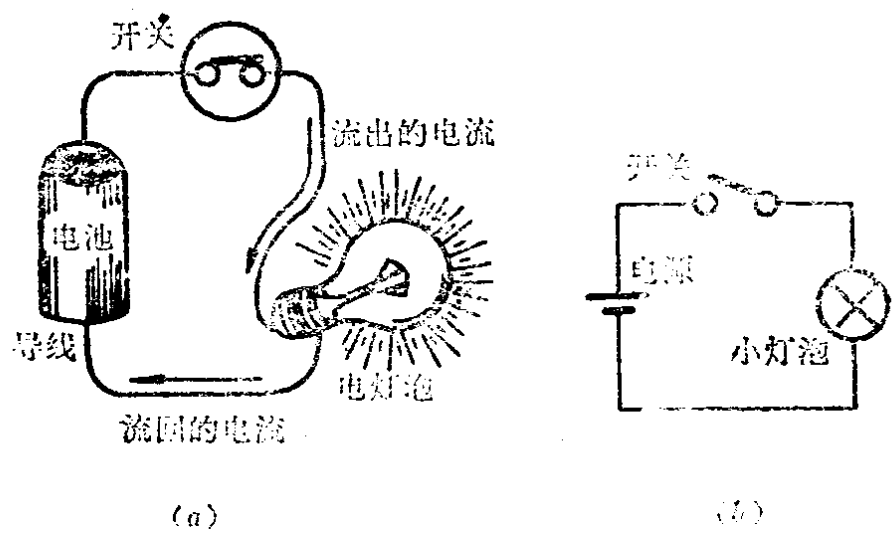
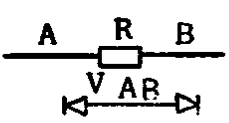
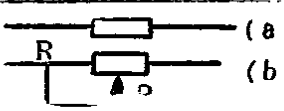
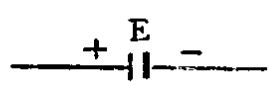
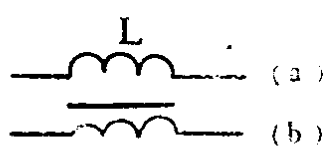
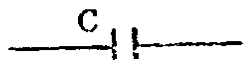
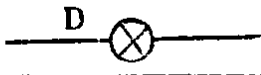
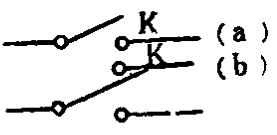
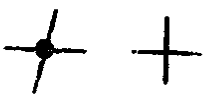
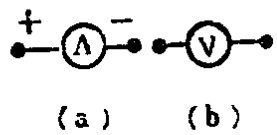


图1-8

其中干电池是产生电流的源泉，称为电源；小灯泡把电能转化为光能，所以是负载；导线和开关把电源和负载连接成闭合回路，所以是电路的中间环节。

象图1-8(a)那样的实物电路图，看起来很直观，使人一目了然。可是实际上的电子线路图往往是由成千上万个元件所组成，对于那些复杂电路，如果要画出每个元件的外形，就不胜其烦了。因此在实际工作中，一般采用统一规定的电路符号来画出电路图。常用的电路图符号如表1-1所示，

表 1-1 电路中常用的部分符号

电 流		粗实线表示导线，流过的电流 I ，箭头表示电流的方向
电 压		A、B 两点间的电压 V_{AB} ，任意两点间的电压用 V 表示
电 阻		R 表示电阻。(a) 是固定电阻；(b) 是可变电阻
直 流 源		图中细长线表示正极，短粗线表示负极。 E 是电动势符号
交 流 源		E 表示交流电动势的有效值， e 表示交流电的瞬时值
线 圈		(a) 空心线圈， L 是电感的符号；(b) 有铁心的线圈
电 容 器		C 是电容器的符号
灯 泡		白炽灯泡
开 关		(a) 单刀开关； (b) 单刀双掷开关
导线的连接或交叉		连线之间的连接点用小黑点表示，两根导线相交叉时没有任何标志
电 表		(a) 直流电流表； (b) 直流电压表

三、电压、电位和电动势

1. 电压

为了便于理解，我们把电路比作水路，水管比作导线，水流比作电流，电源相当于水泵，如图 1-9(a)、(b) 所示。

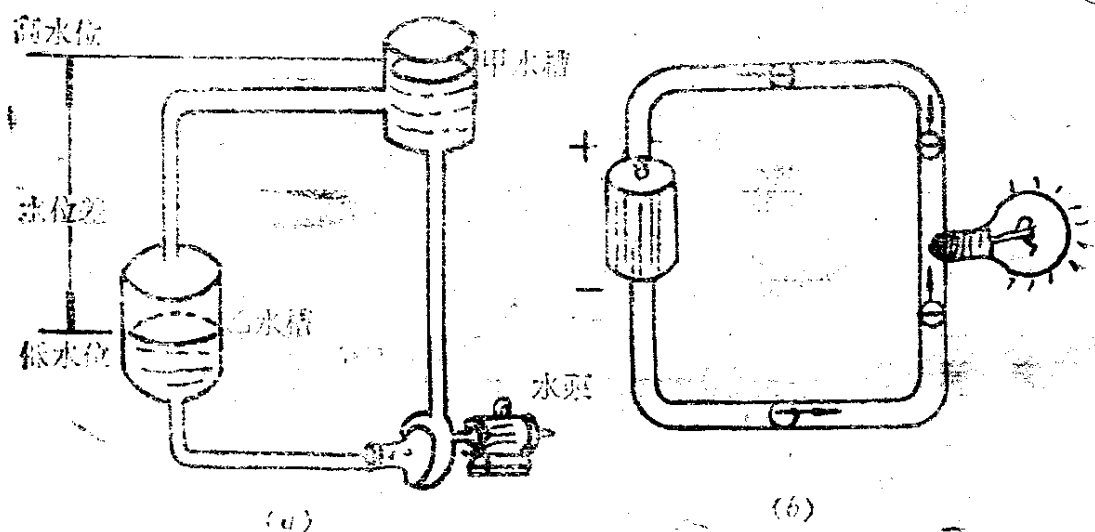


图1-9

水在水管里能够继续不断地流动，就因为有水泵把水升高到甲水槽里，产生了水位差。水在重力作用下，由甲水槽的高水位点经水管向下流动到乙水槽的低水位点。与此相似，电路中要有电流也必须先产生电位差，电流才能从电路里的高电位点流向低电位点。这两点之间就好象有某种“压力”存在，这种压力就叫电压。电压是产生电流的不可缺少的条件，一般电压愈高，电流也愈大。就象水路中一样，水压愈高，水流愈急，每秒钟流过水管截面的水量愈多。请注意，我们采用水压作比喻，只是说明现象上的相似，并不是说水压和电压的本质相同。

在电路中，任意两点之间的电位差就称为这两点间的电压。用“ U ”表示，电压的单位为伏特，用“ V ”表示。在实际工作中常采用其它较小的单位和较大的单位有：

$$1\text{千伏(kV)} = 10^3\text{伏(V)}$$

$$1\text{毫伏(mV)} = 10^{-3}\text{伏(V)}$$

$$1\text{微伏}(\mu\text{V}) = 10^{-6}\text{伏(V)}$$

电压的方向是从正极（高电位）到负极（低电位），即电位降低的方向。

电路中电压的测量可以用电压表来测量。测量时必须把电压表并联在被测元件的两端，

或者跨接在待测电压的两点之间，如图1-10所示。直流电压表的两个接线端中标有“+”号的一端应接在高电位处，标有“-”号的一端接在低电位处。

如接错了，表针就会反摆，这样就很容易把电表损坏。

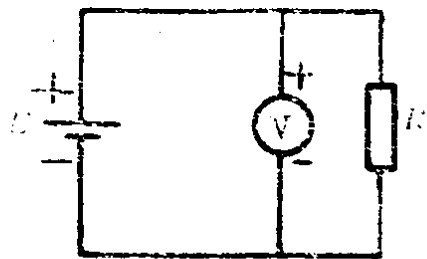


图1-10

2. 电位

前面已讲了电压的概念，那么既然有了“电压”，为什么还要再来一个“电位”呢？这是因为在实际工作中，有时要比较电路中两点之间的电压，但此两点之间相距很远，不便于测量它们之间的电压。然而可以通过测量它们各自与公共参考点之间的电压来比较。所以“电位”的概念是从生产实践的需要而采用的。

电路中的每一个点都有一定的电位，就如同空间每一处都有一定的高度一样。讲高度先要确定一个计算高度的起

点。例如说某幢房子有多高，这个高度是从地平面算起的。如珠穆朗玛峰高达8848米，这个高度是以海平面为基准的。为了确定电路中各点的电位，我们必须规定某一参考点为零电位点。

零电位点可以任意选定，但习惯上常规定大地的电位为零。有时也可规定某一公共点为零电位点。选定了电路中的零电位点之后，电路中任一点与零电位之间的电压（即电位差）就称为该点的电位。所以电位的高低只是一个相对的数值，是与一个参考电位相比较而得到的结果。电位一般用符号 U 表示，如 A 点的电位，常记为 U_A 。

例如图1-11所示，电池两端的电压为1.5伏，这是指电池正极的电位 U_A 与负极的电位 U_B 之间的电位差 $U_{AB} = U_A - U_B = 1.5$ 伏。如果将电池的负极接地，如图1-11(b)。规定

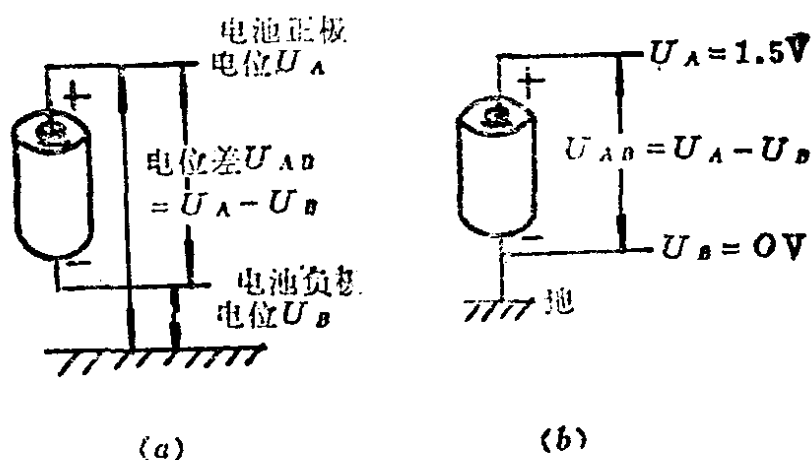


图1-11

接地点作为零电位点，这时负极电位 $U_B = 0$ ，正极电位 $U_A = 1.5$ 伏。根据电压的定义，则 $U_{AB} = U_A - U_B = 1.5 - 0 = 1.5$ 伏。由于零电位点原则上可以任意选定，当所选的零电位点不同时，求得各点电位的数值也就随之而变。但电位参考点

一经选定后，各点的电位就只有一个数值。至于电位差（电压）当然不随电位参考点而变。

3. 电动势

当我们把电灯或电烙铁接到某些相应的电源（如干电池、蓄电池、交流电）上去的时候，电灯就会发光，电烙铁就会发热。说明它们中间有电流流过。电流是由电位差引起的，那么电路中的电位差又是如何获得的呢？

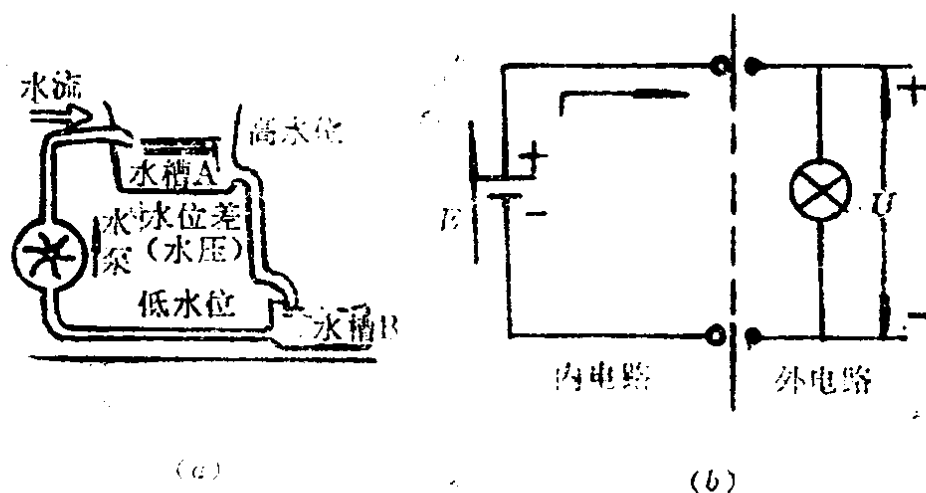


图1-12

仍以水在水管中的流动情况来说明，如图1-12所示。

位于高处的水槽甲和低处的水槽乙之间存在着水位差，甲水槽的水就能流进乙水槽。如要使甲水槽和乙水槽的水沿水管连续循环流动，必须用水泵不断地把低处的水压到高处，因为低处的水不会自动的流向高处。由此可见，要维持水槽甲乙两处一定的水位差，需要水泵把机械能转化为水的位能才能实现，即水泵是维持水位差的能源。

与此相似，要保持电灯常亮，电荷就必须不断地在电路中流动，即电荷必须由电池的正极出发，经过外电路（电灯）