

上海市工人业余学校课本

电 工

第 一 册

上海人民出版社

电 工

第 一 册

上海市工人业余学校教材编写组 编

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷四厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 11.25 字数 245,000

1976年2月第1版 1976年2月第1次印刷

统一书号: 15171·226 定价: 0.69 元

毛主席语录

**列宁为什么说对资产阶级专政，
这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，
就会变修正主义。要使全国知道。**

**教育必须为无产阶级政治服务，
必须同生产劳动相结合。**

前 言

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，在党的十届二中全会和四届人大提出的战斗任务鼓舞下，亿万工农兵群众和革命干部、革命知识分子坚持党的基本路线，以阶级斗争为纲，努力贯彻执行毛主席的一系列重要指示。上层建筑其中包括各个文化领域在内的社会主义革命正在前进，教育革命不断深入，社会主义的新生事物不断涌现。

当前，工人业余教育正在蓬勃发展。为了使上层建筑更好地为经济基础服务，培养工人阶级自己的理论队伍和技术队伍，我们在有关单位大力支持和协作下，组成“三结合”的“电工编写组”，在原有《电工》试用本的基础上进行修改工作。为了使学员在学习《电工》后能有助于从事技术革新，发扬独立自主、自力更生的革命精神，深入开展“工业学大庆”、“农业学大寨”的群众运动，我们在修改过程中，增加了为强电服务的电子技术知识，删节了试用本内一些专业性较强和数学计算较繁的内容，对原书作了较大的变动。修改后的《电工》尽可能结合通用典型产品介绍电工、电子技术基本知识，在理论与实践结合上较原有《电工》试用本有所改进。学员在学完本教材第一、第二册后，即能获得不少对从事技术革新有用的电工、电子技术知识。在此基础上，学员可根据工作需要进一步选学第三、第四册有关内容。

根据业余教育的特点，教材必须紧密联系三大革命斗争实际。这是需要继续努力的。各厂、校在采用本教材时，应充

分结合本单位的具体情况,对本教材内容有所选择,对章节的次序灵活掌握,并尽量增加一些与本单位生产密切结合的实例作为补充。这样,能使这一通用的教材,对不同专业的对象有更好的适应性。

“电工编写组”是以华东电业管理局为主,由上海市机电一局、机电二局和纺织局大力配合,抽调人员组成的。在编写过程中,得到有关厂、校的协助和支持,我们在此表示衷心的感谢。由于我们对马克思主义、列宁主义、毛泽东思想学习不够,又限于理论和实践的水平,故编写内容一定存在很多不足之处,希广大读者随时批评帮助,以便改正。

上海市工人业余学校教材编写组

一九七六年一月

目 录

第一章 直流电路	1
第一节 直流电路的基本概念	1
一、电路的组成(1) 二、电流(3) 三、电位、电压与电动势(6) 四、电阻(10)	
第二节 欧姆定律及其应用	15
一、一段电路的欧姆定律(15) 二、全电路的欧姆定律(17)	
第三节 电阻的串联、并联和混联	20
一、电阻的串联(20) 二、电阻的并联(24) 三、电阻的混联(27)	
第四节 节点电流定律和回路电压定律	29
一、节点电流定律(31) 二、回路电压定律(33)	
第五节 等效电源定理	35
一、从电桥电路谈某些复杂电路的简化计算方法(35) 二、等效电源定理(35)	
第六节 电功和电功率	40
一、电功(40) 二、电功率(42) 三、负载获得最大功率的条件(44)	
第七节 电流的热效应	45
第八节 电容器及其充放电过程	47
一、电容器和电容(47) 二、电容器的并联和串联(51) 三、电容器的充放电过程(55)	
第九节 静电	60
一、电场(61) 二、静电场的应用——静电植绒(62) 三、静电感应现象(63) 四、静电屏蔽(65) 五、静电除尘器(68) 六、静电喷漆(70) 七、静电的危害及防止措施(71)	

小结	73
习题	77
实验	82
第二章 磁与电磁及电磁感应	87
第一节 磁场的基本知识	88
一、磁铁的磁现象(88) 二、电流的磁现象(93)	
第二节 磁场的基本物理量	96
一、磁通(磁感应通量)(96) 二、磁感应强度(磁密)(97)	
三、导磁系数(磁导率)(100) 四、磁场强度(102)	
第三节 铁磁物质的磁化及分类	103
一、铁磁物质的磁化(103) 二、铁磁物质的磁化曲线(104)	
三、铁磁物质的反复磁化(106) 四、基本磁化曲线(109) 五、	
铁磁物质的分类及应用(110)	
第四节 磁场对电流的作用	114
一、磁场对通电导体的作用(114) 二、直流电动机的工作原	
理(115) 三、通电导线之间的相互作用(117)	
第五节 从电磁铁的吸引力谈磁路概念	119
一、电磁铁的吸力公式(119) 二、磁路(121) 三、磁路定	
律(123) 四、无分支磁路的计算及电磁铁磁路计算实例介	
绍(125)	
第六节 电磁感应	128
一、从发电机谈电磁感应现象(128) 二、感应电流的方向(132)	
三、感应电动势的大小(134) 四、发电机的原理(137)	
第七节 自感应与互感应	139
一、自感应(139) 二、互感应(143) 三、小容量变压器的设	
计(148) 四、涡流的害和利(153)	
第八节 RL 电路中的过渡过程	155
一、从无轨电车谈起(155) 二、 RL 电路接通直流电源(157)	
三、 RL 电路的断开(159)	
小结	161

习题	164
第三章 单相交流电路	171
第一节 从电灯的安装谈交流电	171
第二节 交流电与直流电的区别	173
第三节 正弦交变电势的产生	175
第四节 正弦交流电的基本概念	177
一、正弦交流电的特点(177) 二、正弦量的三要素(178) 三、 相位差(181) 四、正弦交流电的有效值(182)	
第五节 正弦量的图示法	184
一、正弦曲线图示法(184) 二、旋转矢量图示法(185) 三、同 频率正弦量的矢量加减法(189)	
第六节 纯电阻电路	190
第七节 纯电感电路	194
一、电感线圈的感抗(194) 二、电感电路中电流和电压的关 系(195) 三、电感电路中的功率(196)	
第八节 纯电容电路	197
一、电容器的容抗(197) 二、电容电路中电流和电压的关 系(199) 三、电容电路中的功率(200)	
第九节 交流电路中的节点电流定律和回路电压定律	201
一、节点电流定律(201) 二、回路电压定律(202)	
第十节 电阻、电感串联电路	203
一、日光灯的工作原理(203) 二、电阻、电感串联电路中的电 压、电流和功率(206)	
第十一节 电阻、电容串联电路	212
第十二节 电阻、电感、电容的串并联电路	216
一、电阻、电感、电容串联电路,电压谐振(216) 二、电阻、电感 与电容串并联电路,电流谐振(222)	
第十三节 电热	228
一、电阻加热的几种方法(228) 二、电阻炉电热元件的估 算(236)	

第十四节 交流电磁铁	239
一、交流电磁铁的吸力(239) 二、交流电磁铁的维修(246)	
小结	248
习题	253
实验	259
第四章 单相整流及直流稳压	265
第一节 晶体二极管	266
一、晶体二极管的单向导电现象(266) 二、晶体二极管的内部结构及其工作原理(267) 三、晶体二极管的特性曲线(270) 四、晶体二极管的主要参数(271) 五、晶体二极管的测试(272) 六、晶体管的分类和命名(273)	
第二节 单相整流电路	275
一、单相半波整流电路(275) 二、单相桥式整流电路(277) 三、单相全波整流电路(279)	
第三节 晶体三极管	281
一、晶体三极管的基本结构(282) 二、晶体三极管的工作原理(284) 三、晶体三极管的特性曲线(287) 四、晶体三极管的主要参数(288) 五、晶体三极管的测试(290) 六、晶体三极管的三种基本电路(292)	
第四节 平滑滤波器	296
一、电容滤波器(296) 二、电感滤波器(300) 三、复式滤波器(301)	
第五节 直流稳压电源	304
一、硅稳压管稳压电源(304) 二、串联式晶体管稳压电源(310)	
小结	318
习题	319
附录	323
一、整流变压器的设计计算(323) 二、电阻器与电容器系列(326) 三、常用晶体二极管参数(328) 四、常用晶体三极管参数(331) 五、整流变压器计算数据(335) 六、各章计算习题答案(344)	

第一章 直 流 电 路

直流电在工农业生产中应用非常广泛，例如电解、电镀、电车、直流电机、电子仪器、自动控制设备等都要用到直流电。因此，我们要分析和研究它，逐步掌握它的规律，更好地应用它为工农业生产服务。

第一节 直流电路的基本概念

一、电路的组成

我们以手电筒的电路为例来进行分析。图 1-1a 是大家常用的手电筒的实物图。它是由电池、小电珠、按钮开关、金属连片和金属外壳或塑料外壳组成。如图 1-1b 所示，当我们将

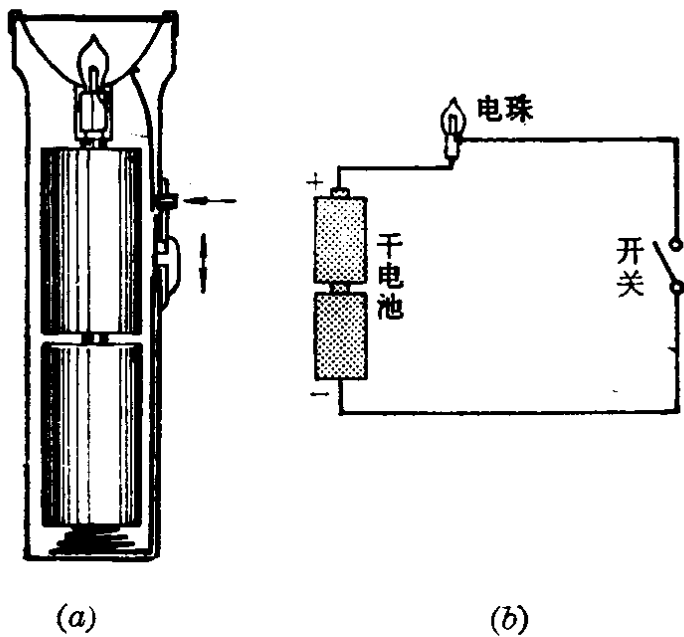


图 1-1 手 电 筒

手电筒的按钮按下时，金属连片(图中以连线表示)就把电池和电珠连成通路。电流通过电珠时，电能转化为光能，电珠就发光。其中，电池能提供电能，叫做电源。电珠是用电装置，

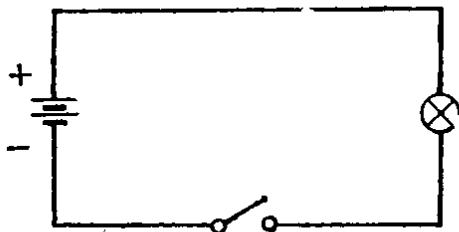


图 1-2 手电筒电路

叫做负载。金属连片起了传导电流的作用，相当于一根金属导线。如果用三个图形符号分别表示电源、电珠和开关，那么

图 1-1b 就可以简化为图 1-2，这就是手电筒的电路图，它是由一个电源、一个负载和一个开关所连成的简单电路。

从以上分析看来，构成一个电路至少需要以下三个部分：

(1) 电源：它的内部具有推动电流流动的原动力，是电路中电能的来源，电源所提供的电能是由其他形式的能量转换而来，例如干电池、蓄电池把化学能转换为电能，发电机把机械能转换为电能。

(2) 负载：它是用电设备，如图 1-1b 中的小电珠，其作用是把电能转换为其他形式的能量。例如电灯把电能转换为光能，电动机把电能转换为机械能，电烘箱把电能转换为热能等。

(3) 联接导线：导线把电源和负载联接成一个闭合回路用来传输和分配电能，常用的导线是用铝或铜做成的。

在一般的电力线路中还装有开关、控制设备、指示器、保护和测量元件等附属设备。

电路分外电路和内电路，对电源来讲，负载和联接导线以及开关等附属设备叫外电路。电源内部的通路叫内电路，如电池二极之间的通路。

二、电 流

1. 物质的电结构

毛主席教导我们：“唯物辩证法认为外因是变化的条件，内因是变化的根据，外因通过内因而起作用。”事物发展的根本原因，在于事物内部的矛盾性。要了解电流的实质，应从物质内部结构进行分析。劳动人民在长期的生产斗争、科学实验中发现：各种物质一般是由很小的微粒——分子构成的；分子是由原子构成的；原子则是由更小的微粒——原子核和绕核高速运动的电子构成的。

原子核和电子都是带电的，原子核所带的电荷为正电荷，电子所带的电荷为负电荷。在通常状况下，原子核所带的正电荷数等于核外电子所带的负电荷总数，故原子是中性的，物体也不显示带电的性能。

通过实验知道：凡是同性电荷都是互相排斥，凡是异性电荷都是互相吸引，所以每一物质中的正负电荷都是互相吸引着的。绕核高速运动的电子，一方面受到原子核的吸引，另一方面又有脱离原子核运动的倾向。在金属原子中，一部分外层电子因受核的吸引比较弱，就有可能脱离核的吸引而在金属中自由运动，这些电子叫做自由电子。当人们给予一定外加条件（如接上电源）时，就能迫使金属中的自由电子发生有规则的运动。在某些溶液中，由于物质的某种原子会失去一些电子而成为带正电的正离子，另一些原子会得到电子而成为带负电的负离子，因此，如果给这种溶液以一定的外加条件，离子也会发生有规则的运动。因此物质内部有能自动移动的电荷（包括自由电子和离子）存在是产生电流的内因。

2. 电流

前面我们谈到当把手电筒的按钮按下时,电珠就发光。电珠为什么会发光呢?这是因为当按钮按下时,手电筒的电路接通了,此时有电流流过电珠,因此电珠发光。那么什么叫电

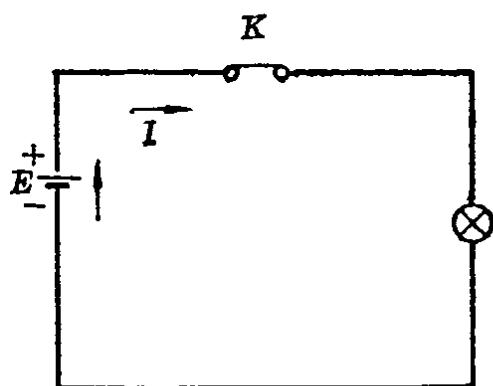


图 1-3 电流的产生

流呢?它又是怎样形成的呢?我们说电荷有规律的运动就称为电流。导体内的自由电子或离子受到一定方向的外力(如电场力)的作用,成群的电子或离子会向一定方向有秩序地运动,因而就形成了电流。要电路中产生电流,通常需要有

两个条件:一个是有电源供电,另一个是电路必须是一个闭合回路(图 1-3)。

为了表示电流大小,我们采用了电流强度这个量。电流强度简称为电流,它的大小等于单位时间内通过导体横截面的电荷量,用字母 I 表示,即

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中: Q ——电荷量,单位是库仑(一库仑电量相当于 6.25×10^{18} 个电子的电量);

t ——时间,单位是秒;

I ——电流强度,单位是安培。

若在 1 秒钟内流过导体横截面的电量是一库仑,则导体内的电流就是 1 安培,通常用符号“ A ”来表示安培(简称安),根据不同的需要,电流的单位亦用千安(kA)、毫安(mA)、微安(μA)。

$$1 \text{ 千安}(kA) = 1000 \text{ 安}(A) = 10^3 \text{ 安}(A)$$

$$1 \text{ 毫安}(\text{mA}) = \frac{1}{1000} \text{ 安}(\text{A}) = 10^{-3} \text{ 安}(\text{A})$$

$$1 \text{ 微安}(\mu\text{A}) = \frac{1}{1000000} \text{ 安}(\text{A}) = 10^{-6} \text{ 安}(\text{A})$$

手电筒中小电珠的电流约为 0.15~0.3 安；晶体管收音机中的电流约为十到几十毫安；大型电动机的电流可达百余安。

习惯上规定正电荷移动的方向为电流的正方向。大小和方向都不随时间变化的电流叫做稳定电流或直流。例如由于电池、蓄电池或直流发电机作电源所产生的电流就是直流电流。

在选用导线截面时，常常要用到电流密度这一名词。所谓电流密度就是当电流在导体的横截面上均匀分布时，该电流与导体横截面积的比值，用字母“ J ”表示，即

$$J = \frac{I}{S} \quad (1-2)$$

电流密度 J 的单位是安/毫米² (A/mm²)。

[例 1-1] 某照明电路，通过导线中的电流为 15 安，若

采用导线的电流密度为 6 安/毫米²，则应用多大截面的导线？

[解]
$$S = \frac{I}{J} = \frac{15}{6} = 2.5 \text{ 平方毫米}$$

所以应采用截面积为 2.5 平方毫米的导线。

测量电流的仪表叫电流表。使用直流电流表时，把电流表串接于电路中，表的正端“+”接电流的流入端，表的负端“-”接电流的流出端，如图 1-4 所示。

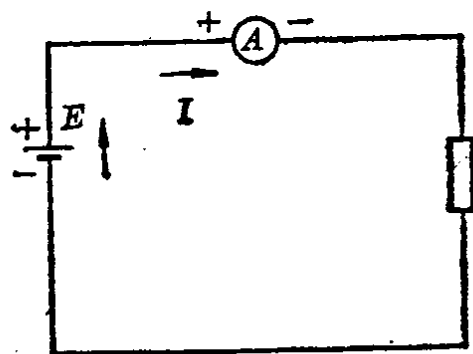


图 1-4 电流表的接法

三 电位、电压与电动势

1. 电位

大家都有这样的生活经验,水总是由高处流向低处的。高处的水位高,低处的水位低。与此相似,带电物体也具有电位,带正电荷的导体具有高电位,带负电荷的导体具有低电位。电路中每一点均有一定的电位,就好比空间每一处都有一定的高度一样。讲高度要指定一个计算高度的起点,例如我国登山运动员登上世界最高峰珠穆朗玛峰高达8848.13米,这一高度是从海平面算起的。讲电位也要先指定一个计算电位的起点,这一点就是零电位的点(即参考点)。我们通常以大地作为参考点,而在电子电路中一般以金属底板、机壳及某公共点作为参考点。

电位以字母“ φ ”表示,它的单位是伏特(简称伏)。

应该注意,电路中任意点的电位的大小与参考点的选择有关。例如,有二个电源,一个是3伏、一个是6伏,把它们顺向串接,若将A点接地(如图1-5a),即A点为零电位,那么B点电位就比A点电位高3伏;C点电位比A点电位高9伏,若将B点接地(如图1-5b),即B点为零电位,那么A点电位比B点电位低3伏,C点电位比B点电位高6伏。这说明当参考点改变时,各点电位也随之改变。

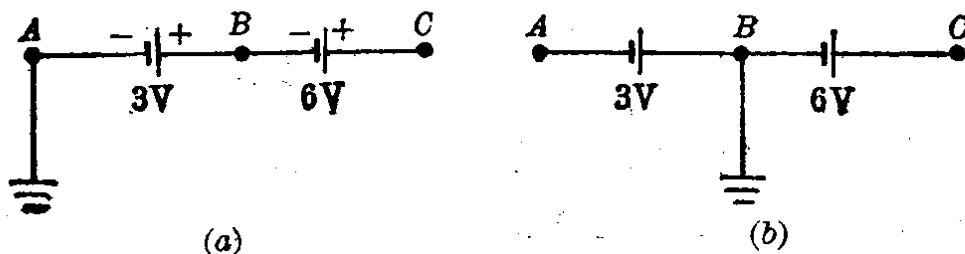


图1-5 电位的参考点

a—A点为零电位; b—B点为零电位

在分析电子电路时，经常采用电位概念来分析问题。这是因为用电位来分析问题可以使问题得到简化。

2. 电压(电位差)

水位差是形成水流的原因。例如图 1-6a 中，甲水箱的水位比乙水箱的水位高，用管子接通后，水在重力的作用下流动，从而形成了水流，直至水位差等于零为止。

与此相似，电位差是形成电流的原因。如图 1-6b 中，甲导体的电位比乙导体的电位高，用导线连接后，正电荷就会在电场力的作用下，从高电位向低电位移动，从而形成电流，直至电位差消失为止。

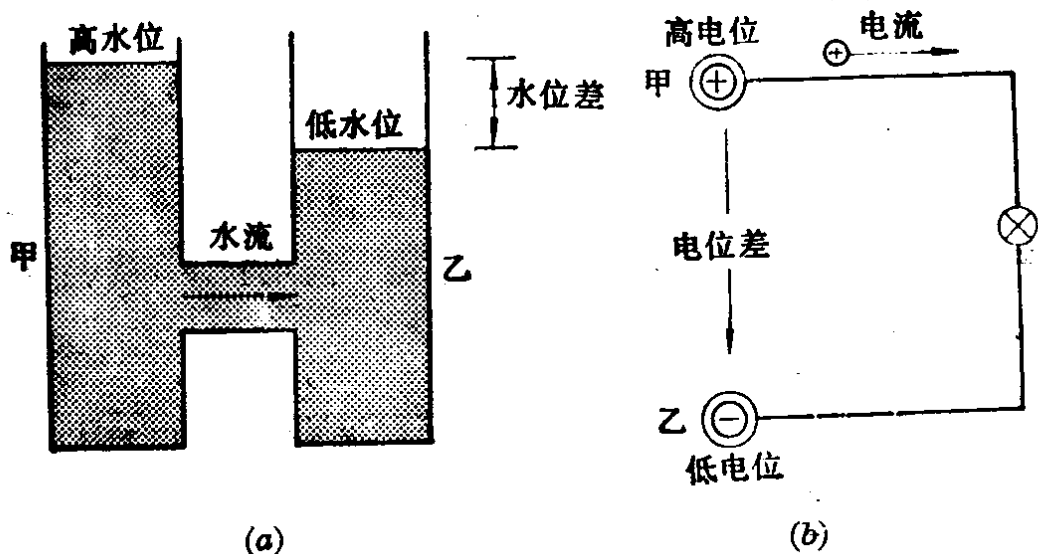


图 1-6 水位差与电位差

a—水位和液位差；b—电位和电位差

应当指出，水流和电流在本质上是两种不同的运动形式。

电路中两点之间的电位差称为电压，其数值等于单位正电荷在电场力作用下从一点移动到另一点所作的功，即

$$U = \frac{W}{Q} \quad (1-3)$$

式中：W——电场力移动电荷时所做的功，单位是焦耳；

Q ——电荷所带的电量,单位是库仑;

U ——电压,单位是伏特,简称伏(V)。

根据不同的需要,电压的单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏(μV)。

$$1 \text{ 千伏 (kV)} = 1000 \text{ 伏 (V)} = 10^3 \text{ 伏 (V)}$$

$$1 \text{ 毫伏 (mV)} = \frac{1}{1000} \text{ 伏 (V)} = 10^{-3} \text{ 伏 (V)}$$

$$1 \text{ 微伏 } (\mu\text{V}) = \frac{1}{1000000} \text{ 伏 (V)} = 10^{-6} \text{ 伏 (V)}$$

应该注意,电路中任意两点之间的电压与参考点的选择无关。例如在图 1-5 中,当以 A 点为参考点时,

$$U_{CA} = \varphi_C - \varphi_A = (3+6) - 0 = 9 \text{ 伏}$$

当以 B 点为参考点时,

$$U_{CA} = \varphi_C - \varphi_A = 6 - (-3) = 6 + 3 = 9 \text{ 伏}$$

测量电压的仪表叫电压表。使用直流电压表时,把它跨接在被测电路的两端,表的正端(+)接于高电位,负端(-)接于低电位,如图 1-7 所示。

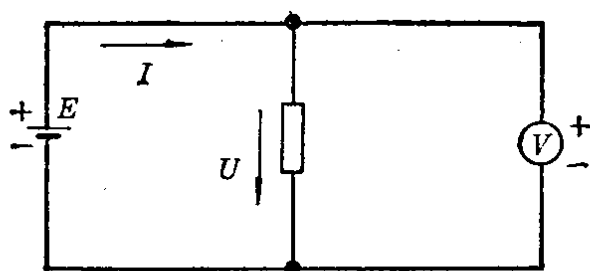


图 1-7 电压表的接法

3. 电动势

电位差是使电路中产生电流的原因,如果要电路中不断有电流流通,那么在电路两端就一定要有电场并维持一定的电位差。这个电位差是怎样获得的呢?仍以水流为例,在甲乙两箱间接入一只水泵(图 1-8a),把水泵开出,不断地将水从