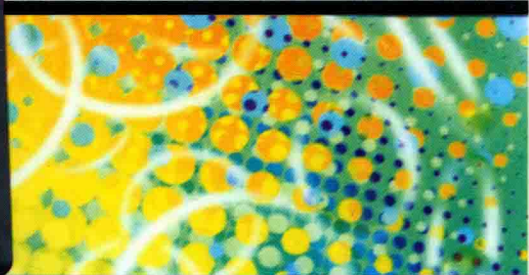


6天专修
课程!



电工电路

基本原理 66课

電気回路
の基本 66

[日] 松原洋平 著
王卫兵 徐倩 孙宏 译

要点简明、完整，
问题讲解流畅，深入浅出

涵盖大多数大专院校入学考试和职业资格考试内容，
最适合作为复习用书



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

6天
专修课程

电工电路

基本原理 66 课

[日] 松原洋平 著
王卫兵 徐倩 孙宏 译



机械工业出版社

6 日でマスター! 電気回路の基本 66, Ohmsha, 1st edition, by 松原 洋平, ISBN: 978-4-274-21063-1.

Original Japanese edition 6 ka de Master! Denki-kairo no Kihon 66 by Youhei Matsubara.

Copyright © 2011 by Youhei Matsubara.

Published by Ohmsha Ltd.

This Simplified-Chinese Language edition published by China Machine Press, Copyright © 2016, All rights reserved.

This title is published in China by China Machine Press with license from Ohmsha. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书由 Ohmsha 授权机械工业出版社在中国境内（不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区）出版与发行。未经许可之出口，视为违反著作权法，将受法律之制裁。

北京市版权局著作权合同登记 图字：01-2015-2220 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电路基本原理 66 课/(日) 松原洋平著; 王卫兵, 徐倩, 孙宏译. —北京: 机械工业出版社, 2016.9

(6 天专修课程)

ISBN 978-7-111-54472-2

I. ①电… II. ①松…②王…③徐…④孙… III. ①电路 - 基本知识
IV. ①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 182194 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 张沪光 责任编辑: 张沪光

责任校对: 陈 越 封面设计: 陈 沛

责任印制: 李 洋

北京汇林印务有限公司印刷

2017 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

148mm × 210mm · 8.625 印张 · 275 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-54472-2

定价: 39.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网: www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

本书内容主要分为直流电路和交流电路两个部分，基本涵盖了电工电路相关的全部技术内容及必要的知识点。本书从电路计算中的数学知识开始，介绍了直流电路及交流电路的基本概念和基本原理，对于较复杂的基尔霍夫定律、电路叠加原理、戴维南定理、弥尔曼定理及其相关计算也做了直观的讲解。在此基础上，详细地介绍了三相交流电的相关概念以及三相交流电路的分析计算方法，并对电路的特性分析、电路变换以及电路计算等内容做了深入的讲解。全书以图解为基础，直观易懂、内容全面、讲解深入、理论与实际联系紧密，既有基本原理的介绍，同时也具有良好的实用性和解决实际问题的针对性。

本书可作为在校学生的学习、复习用书，也可作为工作中实际技术人员参考用书，同时也是非电气专业技术人员以及电气技术爱好者快速了解电工电路原理的科普读本。

译者序

6天专修课程丛书《电工电路基本原理66课》、《电子电路基本原理66课》和《电磁场基本原理66课》三本日文图书，其内容涵盖了电工电路、电子技术以及电磁场基本原理的全部技术内容及必要的知识点，深受日本电气技术人员的欢迎。

电作为基础的工业技术在人类现代文明的发展中起着关键的作用，并且在未来仍将是重要的基础技术。

当今的社会实践中，电工电子的相关原理已经成为各个领域所必须了解的重要知识和技术。不仅是电气专业技术人员需要掌握，其他非电气专业的技术人员，甚至一般的非技术人员也应该予以了解。这三本书正是为满足当前的实际需求而翻译的，并且以丛书的形式出版，呈现出完整的电气技术人员的技术基础知识，以满足广大读者学习需要。

作为发达国家的日本，电工电子技术是深受全社会重视的一类重要技术基础。有一种被称为《全国第三种电气主任技术者考试》的全日本职业资格考试，简称为电验三种。每年9月考试，共分为基础、电力、机械、法规四个科目，一天考完。除了基础科目以外，电力、机械和法规科目全部是具体的生产实践知识。四个科目只要在连续三年分别通过即可拿到电气主任技术者资格证书。每年日本有数万考生参加考试，通过率不到10%。丛书的三位作者均为资深的电气专业教育工作者，其中的土井淳先生还是日本电验三种资深的培训专家，出版了多部电验三种培训教材。

丛书归纳了读者应该了解和掌握的电气相关技术基础知识。与传统的技术参考书不同，丛书并不只是为了单纯地学习知识，还总结归纳了现代电气工程技术所需的技术要点和知识框架，将复杂的技术内容进行了全面的梳理和精心的安排，并以专题课的形式呈现给读者，以便于读者的学习和实践。

在编排形式上，丛书的风格统一，每本书的内容均分为6天来学习，每天由11个专题课组成，每一课均为一个重要的技术专题，每本书共计66个专题课。在每一课的前半部分均以图解的形式直观地给出相关的基本

原理，以便于读者全面了解相关的技术内容，形象生动，概括性强，方便读者的理解和记忆。在每一课的后半部分均配以进一步的文字讲解和接近实际问题的例题及解答，以利于读者的深入理解和掌握。全书以图解为基础，直观易懂、内容全面、讲解深入、理论与实际联系紧密，既有基本原理的介绍，同时也具有良好的实用性和解决实际问题的针对性。

丛书可作为在校学生的学习、复习用书，也可作为工作实际中技术人员的参考用书，同时也是非电气专业的技术人员以及电气技术爱好者快速了解电工电路、电子电路和电磁场基本原理的科普读本。

《电工电路基本原理 66 课》由王卫兵、徐倩、孙宏翻译，其中第 1 ~ 64 课由王卫兵翻译，第 65 课由徐倩翻译，第 66 课由孙宏翻译。《电子电路基本原理 66 课》由尹芳、王卫兵、贾丽娟翻译，其中第 1 ~ 64 课由尹芳翻译，第 65 课由王卫兵翻译，第 66 课由贾丽娟翻译。《电磁场基本原理 66 课》由王卫兵、徐倩、纪颖翻译，其中第 1 ~ 64 课由王卫兵翻译，第 65 课由徐倩翻译，第 66 课由纪颖翻译。丛书的翻译过程中，得到了王义南先生的指导，韩再博、张慧峰、白小玲、张霁、张惠等也参与了部分翻译及文字编排工作，在此一并表示感谢！

由于翻译的工作量较大，技术内容覆盖面较广，翻译中的错误之处在所难免，敬请广大读者指正。

译者

2016 年 5 月 于哈尔滨

前 言

电工电路的学习是电气设备、发电、变电、输电以及配电等专业领域学前的基础阶段。

本书是电工电路的自学书籍，并可作为电工技术的从业人员，以及今后打算参加电工技术人员资格考试的参考用书。另外，还可作为学校电工电路学习讲座的教材。

本书的特点如下：

① 首先尽可能通过直观、明了的图解来介绍复杂的电工电路的技术内容。在图中的表现形式方面，尽可能做到内容完整、详实，讲解深入浅出。

② 在语言上，使用浅显易懂的语言来介绍技术术语和内容。

③ 应用各种定理去求解复杂的电路时，尽量采用直流电路，避免使用电压和电流之间存在相位差的交流电路。因此，通常只需要进行实数的运算即可完成电路的计算，使得读者对重要定理的掌握变得更加轻松。

④ 在交流电路计算中，注重复数、相量等符号法，这种方法在交流电路的计算中会经常使用。符号法能够保证交流电路的分析和计算更加顺畅、合理地完成。

⑤ 在例题的解法方面，对于式子的导出、计算过程均给予尽量详细的描述和介绍。

⑥ 使用添加附件，能够对学习要点进行复习，对例题反复练习。

此外，本书由66课组成，每一课都有一个重要的学习主题。所有的课程分割成6天来学习，每天学习11个课程的内容。读者可以根据个人的情况安排实际的学习进度。

期待读者通过使用本书，在电工电路的学习上取得良好效果。

最后，本书从执笔到完成，承蒙欧姆社出版局的各位工作人员的帮助和支持，借此机会表示衷心的感谢。

2011年10月

松原 洋平

第1天课目

第1课	2
电路计算中的数学知识	
第2课	6
电流、电位、电位差(电压)、电动势和电路	
第3课	10
电阻和欧姆定律	
第4课	14
电池的串联和并联	
第5课	18
各种电阻器	

第6课	22
电阻的串联和并联	
第7课	26
电阻器的串并联连接	
第8课	30
电阻器的分压和倍率器	
第9课	34
电阻器对电流的分流和分流器	
第10课	38
电流的热效应以及功率、电能	
第11课	42
基尔霍夫定律及相关计算	

第2天课目

第12课	46
电路的叠加原理	
第13课	50
戴维南定理	
第14课	54
弥尔曼定理	
第15课	58
从 Δ 联结电路到Y联结电路的变换	
第16课	62
从Y联结电路到 Δ 联结电路的变换	

第17课	66
惠斯登直流电桥	
第18课	70
容量与电容器	
第19课	74
电容器的并联和串联连接	
第20课	78
电容器的串并联连接	
第21课	82
电容器的充电与放电	
第22课	86
电路中用到的三角函数	

第3天课目

第23课	90	第28课	110
矢量的运算		正弦交流电的瞬时值表达式与相位、相位差	
第24课	94	第29课	114
由磁通量变化产生的感应电动势		平均值和有效值	
第25课	98	第30课	118
由直线运动产生的感应电动势		正弦交流电的相量表示法	
第26课	102	第31课	122
正弦交流电动势的产生		正弦交流电的复数表示法	
第27课	106	第32课	126
周期、频率和角频率		交流电路的欧姆定律和电阻电路的计算	
		第33课	130
		电感器的结构和自感	

第4天课目

第34课	134	第39课	154
电感电路的性质		RC 串联电路的计算	
第35课	138	第40课	158
电感电路的计算		RLC 串联电路的计算	
第36课	142	第41课	162
电容电路的性质		导纳与并联电路	
第37课	146	第42课	166
电容电路的计算		RL 并联电路的计算	
第38课	150	第43课	170
RL 串联电路的计算		RC 并联电路的计算	
		第44课	174
		RLC 并联电路的计算	

第5天课目

第45课	178
串联谐振电路的性质及计算	
第46课	182
并联谐振电路的性质及计算	
第47课	186
单一元件 R 、 L 、 C 电路的交流功率	
第48课	190
阻抗 Z 电路的功率	
第49课	194
交流电源和功率因数	

● 第50课	198
视在功率和无功功率	
第51课	202
视在功率、有功功率、无功功率之间的关系	
第52课	206
用复数进行交流电路的功率计算	
第53课	210
阻抗的串联或并联电路的计算	
第54课	214
交流电桥电路	
第55课	218
三相交流电的产生	

第6天课目

第56课	222
三相交流电的表示方法	
第57课	226
三相交流电路的联结方式	
第58课	230
Y 联结	
第59课	234
Y - Y 电路的计算	
第60课	238
Δ 联结	
第61课	242
Δ - Δ 电路的计算	

● 第62课	246
V 联结	
第63课	250
Y - Δ 电路的计算	
第64课	254
Δ - Y 电路的计算	
第65课	258
三相电路的功率计算 (一)	
第66课	262
三相电路的功率计算 (二)	
参考文献	266

第1天课目

第1 ~ 11课

第2天课目

第12 ~ 22课

第3天课目

第23 ~ 33课

第4天课目

第34 ~ 44课

第5天课目

第45 ~ 55课

第6天课目

第56 ~ 66课

6天专修课程!

电工电路基本原理 66课

● 分数的运算

- ① 分数的意义 [例1] $\frac{5}{7} = 5 \div 7$ 分数是分子除以分母的除法
- ② 约分 [例2] $\frac{3}{6} = \frac{3 \div 3}{6 \div 3} = \frac{1}{2}$ 分数的分子和分母除以相同的数, 而其分数的大小不变
- ③ 乘法 [例3] $\frac{2}{5} \times \frac{2}{3} = \frac{2 \times 2}{3 \times 5} = \frac{4}{15}$ 分子和分母分别相乘
- ④ 除法 [例4] $\frac{3}{4} \div \frac{2}{7} = \frac{3}{4} \times \frac{7}{2} = \frac{21}{8}$ 乘以除数的互换分子分母的分数 (即倒数)
- ⑤ 加法 [例5] $\frac{1}{4} + \frac{1}{3} = \frac{1 \times 3}{4 \times 3} + \frac{1 \times 4}{3 \times 4}$ **通分** 为了通分, 将分子和分母乘以得到分母的最小公倍数 12 的数值
- $$= \frac{3}{12} + \frac{4}{12}$$
- $$= \frac{3+4}{12} = \frac{7}{12}$$

● 代数式的运算

灵活应用不管哪种形式代数式, 分母分子乘以相同字符, 不会改变其性质。

- 代数式的简化与变换
- ① $a + \frac{c}{b} \xrightarrow{\text{与变换}} a \frac{b}{b} + \frac{c}{b} = \frac{ab+c}{b}$ **把整数变成分数相加**
- ② $\frac{b}{a} + \frac{d}{c} \xrightarrow{\quad} \frac{bc}{ac} + \frac{ad}{ac} = \frac{bc+ad}{ac}$ **通分**
- ↓ **分母的整数化**
- ③ $\frac{c}{b} \xrightarrow{\quad} \frac{ac}{a \frac{b}{a}} = \frac{ac}{b}$
- ④ $\frac{b}{c} \xrightarrow{\quad} \frac{bd}{cd} = \frac{bd}{cd}$ **把分母化为 1**

● 指数的运算

同一个数 (a) 多次 (n) 相乘的结果 (a^n) 称作 a 的 n 次幂, 该次数 (n) 称为幂指数。

《运算规则》

$$\textcircled{1} a^m \times a^n = a^{m+n}$$

$$[\text{例 1}] 10^3 \times 10^{-6} \times 10^5 = 10^{3-6+5} = 10^2 = 100$$

$$\textcircled{2} \frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$$

$$[\text{例 2}] \frac{10^2}{10^{-3}} = 10^{2-(-3)} = 10^{2+3} = 10^5 = 100\ 000$$

$$\textcircled{3} (a^m)^n = a^{m \times n}$$

$$[\text{例 3}] (2^3)^2 = 2^{3 \times 2} = 2^6 = 64$$

$$\textcircled{4} a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

$$[\text{例 4}] 10^{-3} = \frac{1}{10^3} = \frac{1}{1\ 000} = 0.001$$

$$\textcircled{5} a^0 = 1$$

$$[\text{例 5}] 563^0 = 1$$

小数和整数的指数表示例:

$$[\text{例 6}] 0. \underbrace{00015}_{1\ 2\ 3\ 4} \longrightarrow 1.5 \times 10^{-4}$$

1 2 3 4 ← 因为小数点向右移动了四位, 所以指数为 -4

$$[\text{例 7}] \underbrace{2\ 3\ 5\ 0\ 0\ 0}_{1\ 2\ 3\ 4\ 5} \longrightarrow 2.35 \times 10^5$$

1 2 3 4 5 ← 因为小数点向左移动了五位, 所以指数为 5

● 平方根 ($\sqrt{\quad}$) 的运算

平方就是一个自乘结果为正数的数, 只有正数才有平方根, 用根号 $\sqrt{\quad}$ 表示。

$$\text{《运算法则》} \sqrt{a^2} = (a^2)^{\frac{1}{2}} = a, (\sqrt{a})^2 = a, \sqrt{a}\sqrt{b} = \sqrt{ab}, \frac{\sqrt{b}}{\sqrt{a}} = \sqrt{\frac{b}{a}}$$

$$[\text{例 1}] \sqrt{50} \longrightarrow \sqrt{25 \times 2} = \sqrt{5^2 \times 2} = \sqrt{5^2} \times \sqrt{2} = 5\sqrt{2}$$

$$[\text{例 2}] 3\sqrt{72} \longrightarrow 3 \times \sqrt{72} = 3 \times \sqrt{6^2 \times 2} = 3 \times \sqrt{6^2} \times \sqrt{2} = 3 \times 6 \times \sqrt{2} = 18\sqrt{2}$$

$$[\text{例 3}] \sqrt{0.03} \longrightarrow \sqrt{\frac{3}{100}} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{100}} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{10^2}} = \frac{\sqrt{3}}{10}$$

$$[\text{例 4}] \frac{3}{\sqrt{2}} = \frac{3}{\sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \left(\begin{array}{l} \text{分数的} \\ \text{有理化} \end{array} \right) = \frac{3\sqrt{2}}{2} \dots \text{分母的有理化就是要把分母} \\ \text{的无理数} \sqrt{2} \text{变成有理数 } 2$$

注: 连续的乘除运算可以用幂来代替, 幂的乘除运算可以用指数的加减运算来代替。

● 单位的换算

某物质的单位 (单位词头 × 基本单位)

兆 千 毫 微 皮[可] 等。

伏[特]安[培]欧[姆]瓦[特]焦[耳]库[仑]
V、A、Ω、W、J、C 等。

$M(10^6)$ 、 $k(10^3)$ 、 $m(10^{-3})$ 、 $\mu(10^{-6})$ 、 $p(10^{-12})$

把下面所用单位换算成 () 里的单位

[例 1] $250 \text{ mV}(V) \iff 250 \times 10^{-3} V = 0.25 V$

[例 2] $0.294 \text{ MJ}(J) \iff 0.294 \times 10^6 J$

[例 3] $5\,000\,000 \Omega(M\Omega) \iff 5 \times 1\,000\,000 \Omega = 5 \times 10^6 \Omega = 5 \text{ M}\Omega$

[例 4] $0.000\,12 \text{ A}(\mu\text{A}) \iff 120 \times 0.000\,001 \text{ A} = 120 \times \frac{1}{1\,000\,000} \text{ A}$
 $= 120 \times \frac{1}{10^6} \text{ A} = 120 \times 10^{-6} \text{ A} = 120 \mu\text{A}$

分数的运算

在计算的问题中通常都会使用分数，只是我们没有意识到罢了。人们考虑分数的时候可以把它看成两个数的除法。两个分数的运算除了乘法以外，还有加法和减法运算。在做加减运算之前，需要通过通分将两个分数转换为分母相同的分数，然后再按照通常的加减法对其分子进行加减运算。

代数式的运算

对于代数式的运算，好多人可能是习惯性地跳过中间的步骤和式子而直接给出最终的结果。可是，这种努力给出最终结果的习惯，其危害很多，使得计算出现错误的概率增大。如果不能确认结果的正确性，还是应该回到常规的方法和步骤上来，一步一步地给出结果，这一点非常重要。

单位的换算

电路中各种各样的物理量，表示其大小的数值覆盖了极大的范围，既

有极小的数值，也有非常大的数值，因此通常采用以 10 的整数次方（如 10^{-6} 、 10^{-3} 、 10^3 、 10^6 等）加以表示，以使得阅读更为流畅，并且把这种表示 10 的整数次方的符号称为单位词头。因此，在使用单位词头不同的物理量的时候，就要进行单位的换算。

例题 1

试着计算下面的式子

$$(1) \frac{3}{\frac{5}{7} \times \frac{4}{7}} \quad (2) \frac{1}{3 + \frac{3}{4}} \quad (3) 5\sqrt{2} \times 6\sqrt{8} \quad (4) \frac{10}{\sqrt{3} - \sqrt{2}} \quad (5) 2^{\frac{1}{3}}$$

【例题 1 解】

$$(1) \text{ (原式)} = \frac{3}{\frac{5}{7} \times \frac{4}{7}} = \frac{3}{\frac{4}{5}} = \frac{3}{1} \times \frac{5}{4} = \frac{15}{4}$$

$$(2) \text{ (原式)} = \frac{1}{\frac{12}{4} + \frac{3}{4}} = \frac{1}{\frac{15}{4}} = \frac{1 \times \left(\frac{4}{15}\right)}{\left(\frac{15}{4}\right) \times \left(\frac{4}{15}\right)} = \frac{4}{15}$$

$$(3) \text{ (原式)} = 5\sqrt{2} \times 6\sqrt{2^2 \times 2} = 5 \times 6 \times 2 \sqrt{2 \times 2} = 60 \sqrt{2^2} = 120$$

$$(4) \text{ (原式)} = \frac{10}{\sqrt{3} - \sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{3} + \sqrt{2}}{\sqrt{3} + \sqrt{2}} = \frac{10(\sqrt{3} + \sqrt{2})}{(\sqrt{3})^2 - (\sqrt{2})^2} = \frac{10(\sqrt{3} + \sqrt{2})}{3 - 2}$$

= $10(\sqrt{3} + \sqrt{2})$ 分母的有理化

$$(5) \text{ (原式)} = (2^3)^{\frac{1}{3}} = 2^{3 \times \frac{1}{3}} = 2^1 = 2$$

例题 2

试将下面所用的物理量的单位变换为 () 内的单位。

$$(1) 25\,000\text{V} \text{ (kV)} \quad (2) 1.6 \times 10^{13}\mu\text{C} \text{ (C)}$$

【例题 2 解】

$$(1) 25\,000\text{V} = 25 \times 10^3\text{V} = 25\text{kV}$$

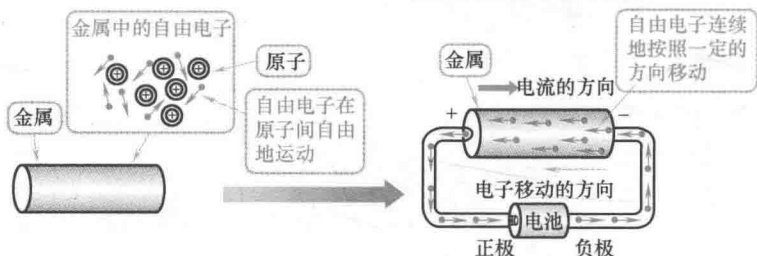
$$(2) 1.6 \times 10^{13}\mu\text{C} = 1.6 \times 10^{13} \times 10^{-6}\text{C} = 1.6 \times 10^7\text{C}$$

● 电流是由电子移动产生的

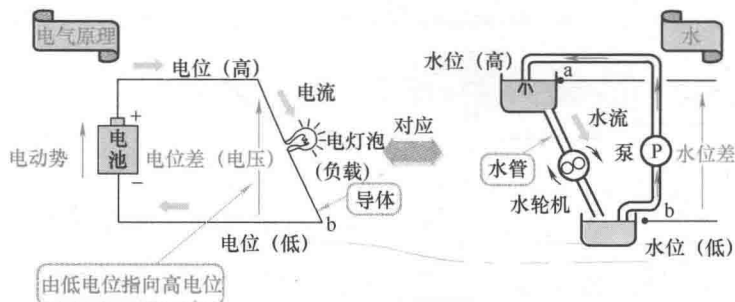
金属中的自由电子

能使自由电子按一定方向移动的装置

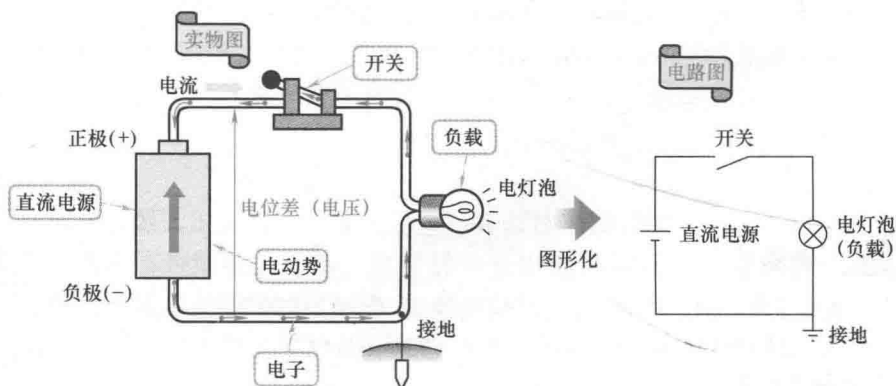
~ 电池的作用就像一台电子泵 ~



● 电流与水流的比较



● 电路的构成



注：为方便起见，以后叙述把形成电流的流动的自由电子简称为电子。

自由电子

对于大多数的金属材料，其原子间大都存在大量能够自由移动的电子，我们把这样的电子称为自由电子。在不导电的绝缘物体中，几乎不存在这种自由电子。

电荷

像电子这样的有电的粒子，也包含一定的电量，我们称之为电荷。通常使用库[仑]（单位符号 C）作为电荷的单位，一个电子拥有的电荷 e 约为 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ ，也称之为元电荷。电荷有正电荷（+）和负电荷（-）之分，但是，电子只带负电荷。

电流

当电池的正负极用金属线（导线）连通时，作为负电荷的自由电子被电池的正极吸引，均会朝着电池的正极方向运动，同时，电池的负极会提供源源不断的电子，以维持电子的这种连续的流动。电子的这种流动即形成了电流。

电流的方向

电流流动的方向是以正电荷移动的方向来确定的，即正电荷移动的方向即为电流流动的方向。因此，电子流动的方向与电流的方向相反。

电流的大小

电流是电子的流动，也就是电荷的移动。

t 秒时间内，在导体的横截面上通过的总电荷量为 $Q(\text{C})$ ，若流过导体的电流 I 用安[培]（单位符号为 A）作为单位，则其大小可用如下公式表示。

$$I = \frac{Q}{t}$$

电位

像图中所示的水槽存在着与位置有关系的水位一样，在电路中也存在