

36-2

电工学的基础知识

(增订版)

吕光大编

中国工业出版社

电工学的基础知识

(增 訂 版)

呂 光 大 編

中 国 工 业 出 版 社

这是一本浅显易懂的电工学书籍。作者用解说物理现象的方法，结合工人熟悉的一些问题，对电工学的一般原理做了具体的解释。这次修订又增加了一些实际应用方面的内容，使初学的读者，不仅能掌握电工学的基本知识，也能解决一些实际应用的问题。

本书曾由原建筑工程出版社出版，1957年8月北京第一版。此次增订再版，进一步加强了内容的系统性和实用性，适合一般电工学习，或作培训教材，对农村知识青年及一般电学爱好者，亦可作自修参考之用。

电工学的基础知识

(增订版)

吕光大编

*

建筑工程部图书编辑部编辑(北京西郊百万庄)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $7^{5/8}$ ·插页1·字数193,000

1965年9月北京第一版·1965年9月北京第一次印刷

印数0001—23,140·定价(科二)0.75元

*

统一书号：15165·5(建工-1)

增訂版序

这本书最初是1957年出版的。由于文字比較通俗，說理淺显易懂，插图多，計算少，在讲解上又是用人們所熟悉的事物做比喻，初学者一般都能自己閱讀、領会。因此，初版問世后，受到了广大讀者的欢迎，先后印刷过五次。

几年来，我国人民在党和毛主席的英明领导下，以及总路线、大跃进、人民公社三面紅旗的光輝照耀下，社会主义建設事业，不断地取得新的伟大的成就。单以发展农村电力來說，1964年农村用电量就比1957年增长了22倍。面对这种新的形势，各条生产战线上的广大讀者，特别是农业战线的許多知識青年，迫切希望懂得和掌握更多的电学知識，以便更好地从事生产斗争和科学实验，推进伟大的社会主义建設。編者增訂这本书，就是为了适应这种新形势的需要。

这次增訂，是在初版的基础上，根据几年来許多讀者来信提出的要求，以及訪問电工师傅們所听到的意見进行的。原书的各章，都有不同程度的修改、删节和补充。尤其是第八、九、十、十二、十三、十四等章，为了进一步的适应城市和农村从事电气工作的讀者，在实际工作中革新技术的需要，做了較多甚至整章的补充，或者全面的改写。补充的資料也都是比較新的、結合实际应用的。在写法上，仍以讲解基础知識为主，力求淺显易懂。凡涉及到稍为复杂的計算时，都作了适当的加工簡化，让高小文化程度的人也能看懂；有的計算尽量以查表代替，或者列举例題，說明求算方法。

这次增訂，曾得到罗炳耀工程师和許多电工师傅的热心帮助，他們提示了問題，供給了資料，而且审閱了手稿，使得增訂工作能够順利完成，在这里謹表示深切的感謝。

然而，限于編者的理論水平和实际經驗，增訂后的这个本子，缺点和錯誤一定还会有，希望讀者批評指正。

呂光大 1965年1月

目 录

增訂版序

第一章 电工学的基础知識	1
电的基本知識	1
电流	3
电阻	7
电压	16
第二章 电流、电阻和电压的关系	18
欧姆定律	18
电压降落	20
电力	23
电量	30
第三章 直流和交流	34
电流的种类	34
交流电流和电压	36
第四章 电流的作用	54
磁石	54
电流的磁作用	57
线圈与磁場强度的关系	60
磁力线与电流之間的力	62
电磁誘导(电磁感应)	64
电流的其他作用	68
第五章 电路	70
串联	70
并联	75
短路	80

第六章 电池	83
湿电池	83
干电池	84
連結电池	86
蓄電池	88
第七章 电镀	92
电镀的用途	92
电镀的簡單原理	93
电镀的主要类别	94
第八章 电磁石的作用和应用	96
电磁石的作用	96
电磁石的制作	97
电磁石的线圈	101
电磁石的强度	102
磁性材料	102
磁性体的种类和磁力线	104
安培回数(安匝)和磁力线	105
电磁石的吸力	106
繞制线圈	107
导线在繞制线圈时的安全电流	112
第九章 发电机	114
发电机的原理	114
发电机的构造	115
直流发电机的分类和用途	119
交流发电机的分类和用途	121
交流和直流发电机的运用	122
第十章 变压器	123
变压器的功用	123
变压器的原理	124
变压器的构造	126
一次电压和二次电压	131
一次电流和二次电流	134

VI

变压器的容量	135
变压器的连接和使用	138
互感器	143
第十一章 电动机	150
电动机的回轉原理	150
电动机的一般型式和构造	156
电动机的启动器	162
第十二章 发电	170
水力发电	170
火力发电	175
风力发电	176
热电厂	187
原子能电力站	188
第十三章 用电負荷和选配导綫	192
用电負荷	192
选配导线的方法	197
线路的保护	207
第十四章 安全用电	211
电流对人体的作用	211
怎样預防触电	214
触电后的紧急措施	220
附 录	228
表 1 常用电工名称符号	228
表 2 常用电工单位符号	228
表 3 电功率、电压、电流、电阻之换算公式	229
表 4 交直流电机电路計算公式	230
表 5 由千瓦 (KW) 换算成馬力 (HP) 时查求表	231
表 6 由馬力 (HP) 换算成千瓦 (KW) 时查求表	232
表 7 常用三相鼠籠型电动机的部分技术数据表	233
表 8 当功率因数为 1 时功率与电流关系查求表	234
表 9 电工常用英吋 (") 与毫米 (mm) 换算表	235
参考书籍	236

第一章 电工学的基础知識

电的基本知識

(一) 电的能和电的优点

自然界存在的能力有好多种：象水力、风力、太阳能、化学能（煤和石油里含有化学能），还有原子能等等。我們用的电就是一种能力，也是一种动力。但这并不是自然界原来就有的能力，而是自然界的物质经过人的劳动加工变成的。象把水力变为电，叫做水力发电；烧煤或石油也能发电，这叫火力发电。利用原子能也可以发电。不过，不論水力发电、火力发电或原子能发电，都是由自然界存在的能经过人的劳动加工变成的。如果有人問我們：自然界既然有好多种能力，为什么我們不直接使用，而偏要把它們变成电能来使用呢？电究竟有哪些优点呢？

第一，电有各种不同的用途，它能发光，能发热，能变成动力或磁力等。而水力，风力以及蒸汽力（蒸汽力是煤的化学能变成的），都只能变成动力，而不能变成光和热，更不能发出磁力来。

第二，电能可以大用也可以小用，可以分散也可以集中。其它的能力就没有这样灵便。

第三，发电和用电可以不在同一个地方，发出的电可以送到远处去使用，这一点其它的动力就不容易办到。虽然水力和蒸汽也能輸送，但只能供給近的地方用。最后，电还有个好处，就是使用和管理都方便：使用的时候馬上就到，不用的时候立刻就走；既沒有烟灰，也沒有噪音。

电有这些优点，所以它的应用范围越来越广。

电的名字是怎么来的呢？

据说最早发现电的是一个希腊的哲学家，名字叫退利斯。那

是在二千六百年以前的事（那时中国正当周朝）。退利斯仔细地研究了海滩上一种透明的、黄褐色的石块，这种石头我们现在叫做琥珀，他发现了一件很有趣的事实，就是使劲地摩擦石块以后，石块就能够吸起麦秆的碎渣、羽毛或是他衣服上扯下来的线丝。这就是我们现在所说的摩擦生电的现象。但是，这个现象以后没有人再去注意，一直到十七世纪，有一个英国的物理学家，名叫吉尔勃的，才又从头研究，知道物体摩擦以后能够吸引轻微东西的现象，并不是单单琥珀独有的，很多别的物体，象玻璃、宝石等等，都会发生这种现象。他就把这种物体叫做“电体”。

据说，“电”的外文名字是由希腊字“琥珀”而来的，因为希腊文里琥珀就叫“电”。“电”这个名词就是这样产生的。

（二）电的本质

世界上的东西，形形色色，多得数不清，不论是一座大山，一粒灰尘，一块铁，一块木头，一滴水，一缕烟，一股气……把它们分开再分割，一直粉碎成极小极小的颗粒（但在未失去它固有的特性以前），最后就成为“分子”。分子再分割成“原子”。

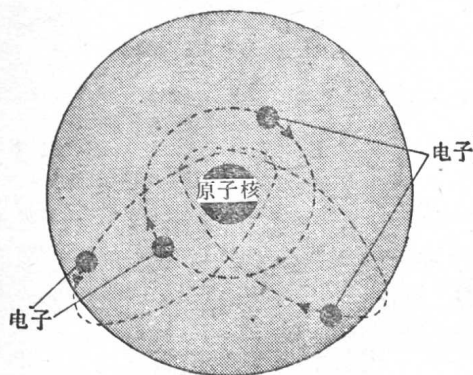


图 1

这个原子，直径小到一厘米的十亿分之一，它的全体构造，好象太阳系一样，在它的中心有一个叫阳核的微小的粒子——“原子核”。围绕在它周围的有种叫作“电子”的微小粒子，滴溜溜地、迅速而紧密地结合在一起回

转着（图1）。这“电子”就是“电的本质”。

原子是非常小的。平时我们觉得灰尘是很小的了，可是在一粒灰尘里面，就有几千万亿个原子。

一个“电子”比我們所見过的最小的东西还要小上几百万倍。电子太小了，用倍数最大的显微镜，从来也没有人看見过它。把几万亿个原子放在一起，重量才能和一根最輕的羽毛相比，大小才能和一个針头相等。

电子集在物体的表面不动的时候，就是“靜电”；成群地运动的时候，就成为“电流”。

(三) 靜电和动电

用毛皮和毛絨摩擦自来水笔杆，或者用絹布摩擦玻璃棒，就会发生“电”，而且能把輕微的物体（如紙屑）吸起来。这个現象是大家都能体验过的。但是，在自来水笔杆和玻璃棒上所发生的“电”，光是安穩不动地停留在表面，是絕對沒有让电动机轉动或者让电灯发光的可能；要想让电动机轉动或点亮电灯，一定得让“电”象水流流过管子一样地流动才行。所以，对于存积在自来水笔杆上和玻璃棒表面上的“电”叫作“靜电”，而把能流动的“电”叫作“动电”。由此，“电”就有“靜电”和“动电”这两个名称。但是，“电”只有一种而沒有两种。这里所謂靜电和动电，是把靜止不动的叫作“靜电”，把运动的叫作“动电”，通常叫它“电流”。工厂、机关、学校……用的都是动电。

电 流

(一) 电流的概念

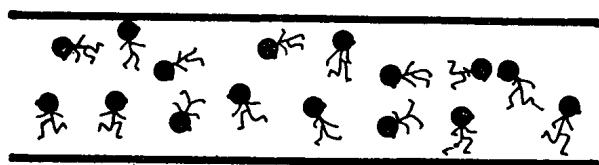
有一群牲口，你不会駕馭牠們，那就不用想叫牠們替你干活；要想叫牠們耕地或拉車，你总得会駕馭牠們，叫牠們往哪边走，就得往哪边走才行。同样地，科学家要利用“电子”来替人类干活，也得想个法子来駕馭“电子”才行，也就是說，得想法子让电子向我們要它去的地方流去，不能让它老和它的原子核聚在一起。这样不但不能干什么活，正象我們把能干活的牲口圈在圈里，不起任何作用一样。

科学家研究了各种物质，經驗使他們相信，总有几种物质里的电子是比較容易离开它們的原子核的。他們不久就发现了金属

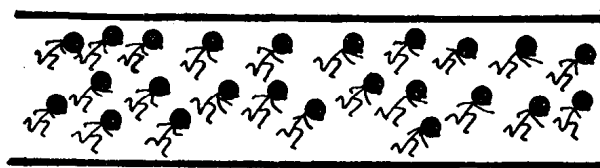
的电子是很容易走动的。因为金属的电子和它自己的原子核拉得不象别种物质那么紧。

就因为这个缘故，所以金属是电流的很好的导体。在电线里，几十亿个微小的电子彼此冲撞，成了一股电流。这就是为什么我们所安装的电器，除去必要的绝缘体以外，全都是用金属做成的。

电流通过的时候，电线里的电子并不是一下子都走光。有一些电子被推着走了出去，另外从发电厂用压力送来了许多新的电子，结果电线里应有的电子总数，始终是不变的。平常，电线里的电子总是乱跑，爱到哪里去就到哪里去，见图2（甲）。要它们工作的话，就得想法子让它们都朝一头跑。一旦用压力推着它们顺着电线向一头跑去，它们才有力量，见图2（乙）。



(甲)



(乙)

图 2

把电门一开，那就是让自由的电子（脱离了原子核的电子）顺着导体——电线互相推着，向一个相同的方向跑。负性的电子不断地从电线开关那边被推进电线里来。电线的另一头，有正性原子（本身缺少电子的原子）不断地在拉这些负性电子过去。这就是导体里产生电流的原因。

这里用图 3 把电灯的电流和水管的水流打一个比方：由一根电线传来的电流，通过灯泡，又向另一根电线流去，正象水从一方的水管流来，通过U形的水管，又向他方的水管流去一样。但是，让水流过水管，必须在来水的地方，安装水泵才行。和水泵的情形一样，电流也得要有个来源才行。这来源就是发电机或电池。这种情形，可以从图 4 看到：水泵送出来的水通过止水瓣，经过右边的弯管，又流回原来的水泵，水，总是接連不断地循着

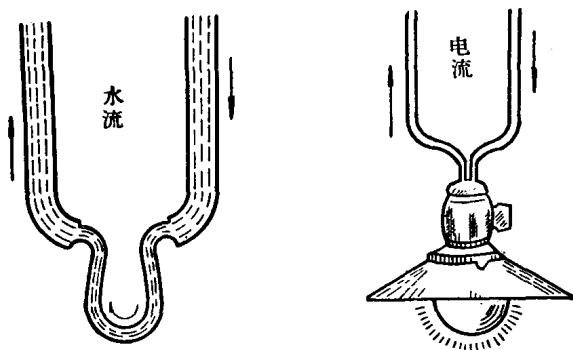


图 3

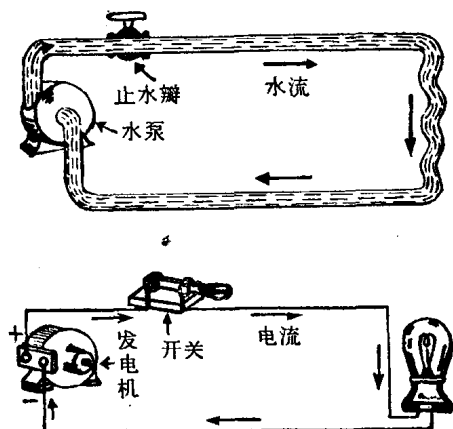


图 4

这条道路来去。电流的道理和这一样，从发电机的（+）极（阳极）送出来的电流，通过开关，再经过灯泡，又回到发电机的（-）极（阴极）。

按上面讲的路径，把止水瓣关上，水流也就停止了；如果把电路上的开关提起来，电流就停止了，电灯也就熄灭了。

我们所以用水流和电流相比，是因为水流和电流有相似的地方。不过，需要说明一下，水流和电流在任何方面也不是完全相同的。例如，水的流动有快有慢；而电流的速度无论在什么时候都是一样的，每秒钟的速度绝对是三十万公里。

（二）电流的强度

水在管中流过，流量有多有少；电流的流过，也有多和少的区别。电流流得多的，就说它电流强；少的，就说它电流弱。

计算任何东西，都得有个单位，例如米表示长度，公斤表示重量，升表示容积，水的流量用每秒多少公斤来表示。和这道理一样，表明电流的强度仍然也要有个单位，这就是电流的强度。电流的强度是用“安培（符号是 A 或 I ）”来表示的。一安培究竟有多大强度的电流呢？每一秒钟有 6,250,000,000,000,000,000 个电子（625 亿亿个电子）滚滚流过，这电流就定为一个安培。两个安培就是这个数字的两倍；三安培就是三倍这个数字的电子，在每一秒钟流过的电流强度。

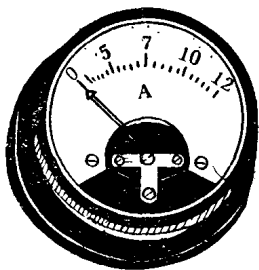


图 5

如果物体的长度和重量，大家只凭手的感觉或目力，就能估量地说出。那么电呢？既不能用手摸又不能用眼看。如果计算流过电线的电流是多少，也就是计算电流是多少安培，怎么办呢？这倒不必去计算象上面所说的那样巨大的电子数字，而可利用图 5 所示的大家都熟悉的“电流表”。

图 6 就是用水表测量流过管中水量的情形，和用电流表测量

流过小电灯泡中电流强度的情形来打个比方：它們的情形都差不多。不过，水表的刻度是每秒多少“升”，而电流表的刻度是“安培”。电灯中通过的电流約十分之几安培，在电热用具中的电流是几安培，而在大型电力线路中电流将达几千安培，但在許多情形下，特别是无线电机件，电流是很小的，因而它們需用較小的单位——毫安($1/1,000$ 安培)和微安($1/1,000,000$ 安培)来表明。

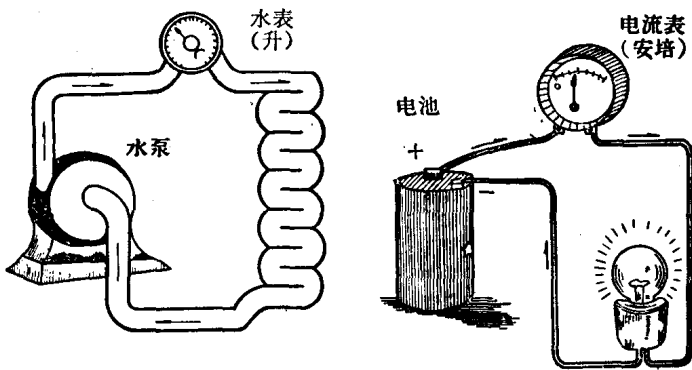


图 6

电 阻

如果說，任何物质都能流过电流，这是完全錯誤的，因为有些能通过电流的物质，也有不能通过电流的物质。通常把能通过电流的（也就是能导过电流的）物体叫作“良导体”，不能通过电流的物体叫作“絕緣体”。此外，还有既不是良导体又不是絕緣体，而是两者之間的导体，就是“半导体”。那么，什么是良导体，什么是半导体，什么是絕緣体呢？

良导体：金属。

半导体：木炭、不純的水、酸类及盐类的溶液、人体、大地、焰气等。

絕緣体：油、石蜡、橡皮、陶磁器、硫磺、云母、玻璃、树脂、空气、絹、毛織物、干燥的紙及木材等。

(一) 电阻的概念

金属的电子比較别的物质的电子，容易离开它們的原子核。可是，同样良导体的金属，由于种类不同，有的容易流过电流，有的不容易流过电流。例如，銅和鉄虽然都是良导体，然而鉄比銅，流过电流就难，換句話說，鉄比銅“电阻大”。可以說，电阻这个名詞是表明电流“通过难易程度”的意思的。所以半导体比良导体的电阻大，而絕緣体的电阻更大。

电阻的道理，我們可以再用电子的动作来解释一下。在我們用电的时候，电流总是离不开导线的。組成电流的那些电子是在原子之間自由活动的电子，但同时还有些始終和原子核紧纏在一起的不动的电子。在电线里的这些自由电子流动起来，要想从原子身边挤过去，是很不容易的。有时自由电子被拉进原子去，别的电子就被推出来，这样的挤法，就把一部分的“能”浪费掉了，这也是电流从电线上走过所必需的耗费。參看图 7 (甲)。

原子阻碍电子通过，称为导体的“电阻”。自由电子通过电线越难，說明电阻越大。

在这里，我們再用水流作个比方，說明各种金属的电阻。图 7 (乙) 所示，A 管的阻碍物最少，所以水就能够順利地流过去；B 管的阻碍物比較多一些，所以水就流得比較慢一些；C 管的阻碍物更多，所以水就流得更慢了。把这三根管子比做电流的导体，例如 A 管是用銅制的电线，所以电阻最小，因而电流容易流过；B 管是用鉄制的电线，所以电阻較大，因而电流不容易流过；C 管比作电阻更大的鉛做的电线了。(丙) 图表示阻碍的意思。

(二) 欧姆

任何物质都有电阻，阻力的大小也因物质的性质不同而有所不同。所以，表明电阻的大小也要有个单位，这单位就叫作“欧姆 (符号是 R 或 Ω)”。那么 1 欧姆是指的什么呢？是这样的：当溫度在摄氏零度的时候，粗度 1 平方毫米，长度 106.3 厘米的水銀柱，从这一头到那一头的电阻，称为 1 “欧姆”。

前面說過，电阻的大小，是由于导体的不同而有所不同。但即使同一种导体，例如銅和銅，鐵和鐵，它們的尺碼若不一样，电阻也就不同。电阻和尺碼有什么关系呢？就是：导体越长，电阻越大；导体越細，电阻也就越增加。換句話說：电阻和长度成正比例，电阻和粗度成反比例。

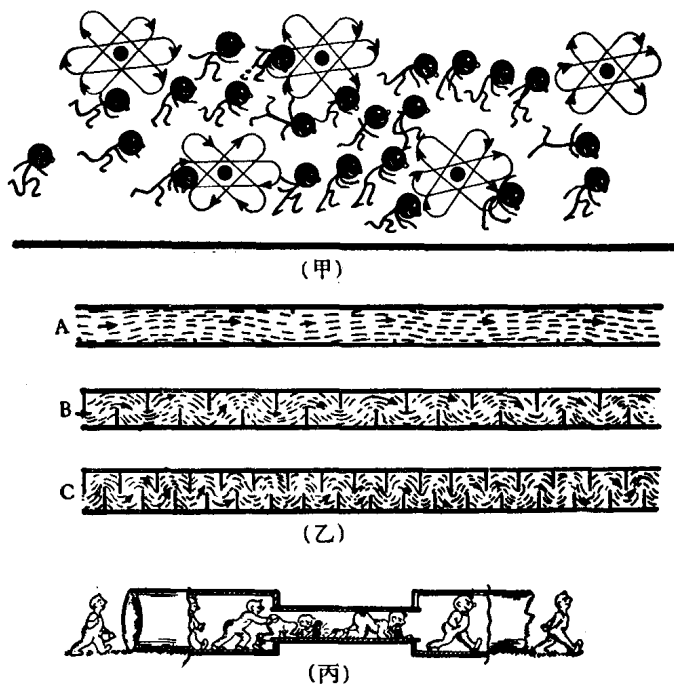


图 7

例如图 8 A、B 所示，有粗度相同，长度 2 厘米和 10 厘米的两根銅线，它們从一头到另一头的电阻：B 是 A 的 5 倍，反过来说，A 是 B 的 5 分之 1。

又如图 C、D 所示，有长度一样而断面积（粗度）是 1 平方毫米和 5 平方毫米的两根銅线，它們从一头到另一头的电阻：D 是 C 的 5 分之 1，反过来说，C 是 D 的 5 倍。

粗度 1 平方毫米，长度 1 米的铜线的电阻若是 0.017 欧姆，如果长度增加一倍，那么，电阻也要增加一倍，就是 0.034 欧姆。另有长度仍为 1 米，粗度是 2 平方毫米的铜线，那么电阻就成为 2 分之 1，也就是 0.0085 欧姆了。

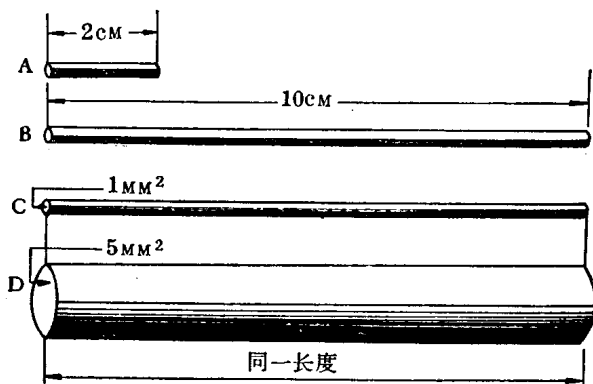


图 8

上边讲的，并不限于铜，所有导体都是一样。

(三) 温度和电阻

电阻除去根据物质的种类和尺码而不同以外，就没有别的什么了吗？有。还有温度。铜线在温度上升的时候，电阻就会增加。不过，这种现象是很微小的，每增加摄氏 1 度，它的电阻仅仅增加 250 分之 1 左右，上升 10 度，电阻比原来只增加 25 分之 1 左右。摄氏 10 度，电阻是 100 欧姆的铜线，如果上升 20 度，就成为 $10 + 2 = 12$ 度，这时候的电阻约为 108 欧姆。

但是，也有温度变化，而电阻总是不变的物质（例如锰），又有温度上升电阻反而减小的物质（例如碳）。

在一般的电路中，电阻是不希望存在的东西，而是应该尽量减到最低的程度。但是在其它地方，电阻也有一定的作用，并且对电阻的数值，也有一定的要求，这就需要在电路的指定地点加一个电阻较高的电阻器（例如电车调速箱里的电阻，收音机电路中的固定电阻电炉丝等）。所用的材料是特种高电阻合金，有碳