

14.1 电阻

与教材不同之处

更详细描述温度对电阻的影响；更详细描述电阻的串联与并联的情况；更详细描述电阻箱的工作原理；更详细描述滑动变阻器的原理、连接方法和作用；更详细分析假滑阻现象、错误接线的情况。更详细描述包含滑动变阻器的电路图的作图技巧。

什么是电阻

什么是导体？

能导电的物体称为导体。大多数金属都是导体。

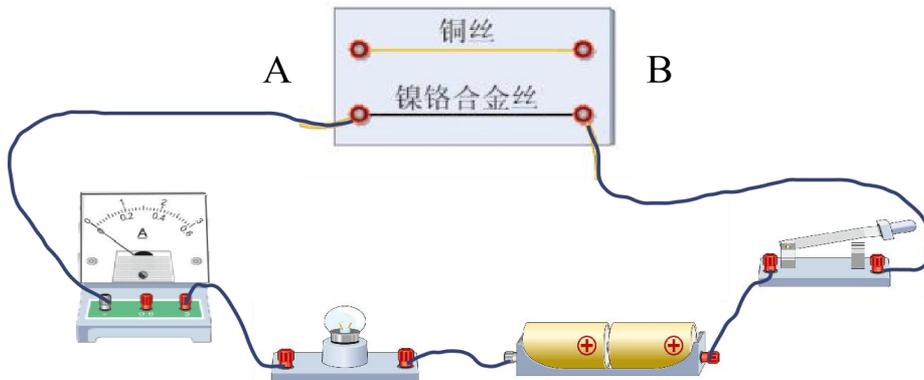


图 14-1-1

导体是否对电流有阻碍作用？

我们可做这样一个实验：选择两段不同材料的导体（比如铜丝和镍铬合金丝），先后接入电路中，电路再串联一个灯泡和电流表，如图 14-1-1 所示。

当我们先后接入不同材料的导体时，我们发现，当接入镍铬合金丝时，灯泡的亮度变暗，电流表的示数变小。

也就是说，镍铬合金丝对电流有阻碍作用。

或者说，镍铬合金丝对电流的阻碍作用比铜丝大。

于是，我们得到一个结果：导体对电流是有阻碍作用的。只要是导体，多多少少对电流都会有阻碍作用。比如，当电流通过导线、用电器、电流表、电压表时，它们都会对电流产生阻碍作用。

物理学上，将导体对电流的阻碍作用称为电阻。因此，电路中的所有元件（导线、用电器、电流表、电压表、电源等）都有电阻。

电阻概念的理解

电阻概念最早是由德国物理学家欧姆提出的。



物理学上，电阻的符号是 R ，电阻的单位是欧姆，简称为欧，单位符号是 Ω 。

电阻还有一些常用单位：千欧 $k\Omega$ 、兆欧 $M\Omega$ 。换算关系如下：

$$1k\Omega = 10^3\Omega$$

$$1M\Omega = 10^6\Omega$$

经过对大量实验数据的分析研究确定，人体电阻的平均值一般为 2000Ω 左右。

导体电阻的影响因素

导体的电阻与什么因素有关呢？

我们可以猜想，导体的电阻可能还与导体的材料种类、长短、粗细有关。

需要说一下，导体的粗细其实就是指导体的横截面积的大小。所谓粗，是指横截面积大。

为了探究导体的电阻可能与导体的材料种类、长度、横截面积的关系，我们可选择不同材料、粗细不同、长短不同的导体来进行实验。

如图 14-1-2 所示，导体 a 和导体 b 是长度、横截面积相同但材料不同的导体；导体 b 与

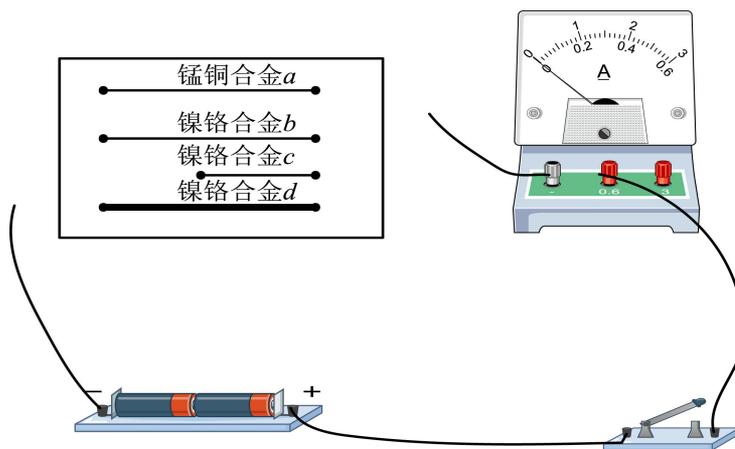


图 14-1-2

导体 c 是材料、横截面积相同但长度不同的导体；导体 b 与导体 d 是材料、长度相同但横截

面积不同的导体。

由于影响因素有多种，因此，本实验需要采用控制变量法。

实验过程是：将导体 a、b、c、d 四根导体分别接入同一电路中，再读取电流表的示数，并将数据填入表中，如表 1 所示。

材料	长度m	横截面积mm ²	电流mA
1. 锰铜	1	0.1	2.5
2. 镍铬合金	1	0.1	1.5
3. 镍铬合金	0.5	0.1	2.5
4. 镍铬合金	1	0.2	3

表 1

由表中的数据第 2 和 3 次实验数据可得到：当导体的材料和横截面积相同时，导体长度越大，电阻越大，且导体电阻与导体长度成正比。

由表中的数据第 2 和 4 次实验数据可得到：当导体的材料和长度相同时，导体的横截面积越大，电阻越小，且导体电阻与导体横截面积成反比。

由表中的数据第 1 和 2 次实验数据可得到：当导体的横截面积和长度相同时，导体的材料不同，电阻不同。

下表列出了一些不同材料制成的长 1m、横截面积为 1mm²的导线在 20℃时的电阻值。

导线	银	铜	铝	钨	铁	锰铜合金	镍铬合金
电阻R/Ω	0.016	0.017	0.027	0.052	0.096	0.44	1.1

表 2

从上表中可得知，银、铜、铝的电阻较小，所以，我们常用铜、铝材料来制成输电线路的导线。

由于电阻是一个与导体的材料有关的物理量，因此，电阻是导体一种属性。

导体电阻是否与温度有关

导体通过电流时，常常会发热，我们好奇，导体的电阻是否也与温度有关？

我们选择一段通电后发热明显的电热丝来探究导体电阻与温度的关系。我们先把电热丝接入电路中，观察此时灯泡的亮度与电流表的示数；然后对电热丝加热，观察此时灯泡的亮度与电流表的示数，如图 14-1-3 所示。

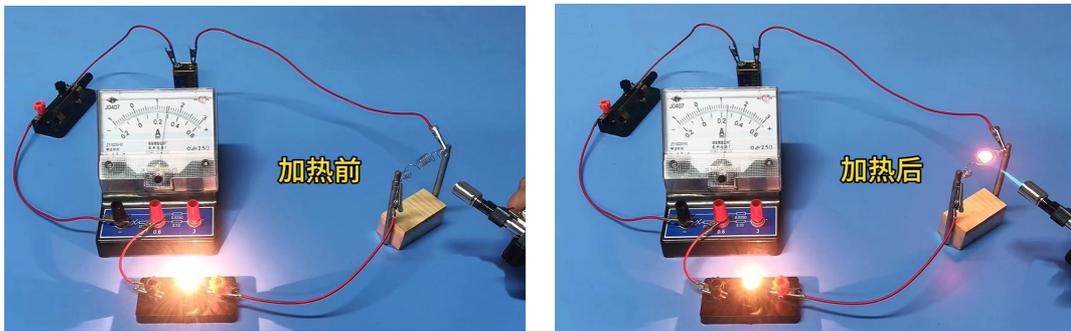


图 14-1-3

我们把观察的现象和数据填入表中，如表 3 所示。

	灯泡的亮度	电流表的示数/A
加热前	很亮	0.3
加热后	较亮	0.26

表 3

通过分析表中的数据，我们发现，加热后，灯泡的亮度变暗了一些，电流表的示数变小了一些，这说明，温度升高，导体对电流的阻碍作用变大了，即导体的电阻变大了。

用一句话概括之：导体的电阻会随着温度的升高而变大。对于大多数导体都具有这种性质。

比如白炽灯的灯丝，它在发光时温度高，则此时的电阻大；它在不发光时或发光较暗时，它的电阻小。

导灯泡用久了为什么会变暗

如图 14-1-4 所示，为什么灯泡使用久了会变暗？



图 14-1-4

灯丝发光时，温度高，而用钨制成的灯丝则发生升华，日久天长后，灯丝变细，根据导体的材料、长度相同时，导体的横截面积越小，导体电阻越大的道理，变细的灯丝的电阻变大——即灯丝对电流的阻碍作用变大，因此，通过灯丝的电流变小，灯泡发光的亮度变暗。

另外，升华后钨蒸气在关灯后，由于温度降低发生凝华现象，生成的钨晶体附在灯泡的内壁上，也会造成了灯泡发光的亮度变得更暗。

停电了，导线的电阻是否为零？

停电了，导线的电阻是否为零？

停电是指导体两端的电压为零。由于导体的电阻与导体的材料、长度、粗细和温度有关，虽然电压为零时，没有了电流，但材料、长度、粗细和温度不为零，因此，停电了，导体的电阻不为零。

这个事实也说明，导体的电阻与电压、电流是无关的。

电阻器

所谓电阻器，是指能对电流起阻碍作用的一种导体器件。

阻值固定不变的电阻器被称为定值电阻，如图 14-1-5 所示。



图 14-1-5

定值电阻的元件符号为：



电路中接入定值电阻器后，能使电路中的灯泡的亮度变暗，电流表的示数变小，起到调节电路电流的作用。

如果在电路中再串联一个定值电阻，电路中的灯泡亮度与电流表的示数将如何变化？

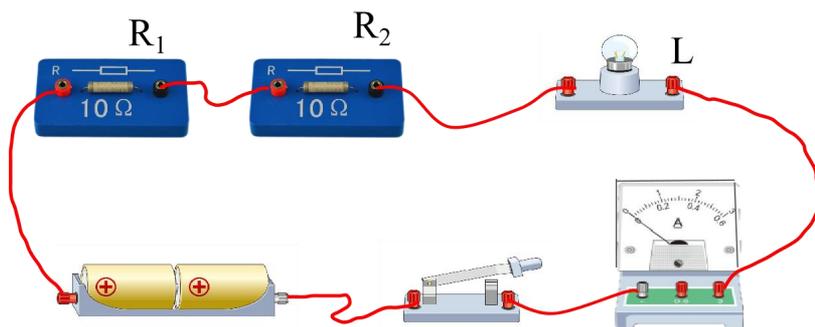


图 14-1-6

如图 14-1-6 所示，如果两个定值电阻以串联的方式接放电路中，则相比只接入一个定值电阻，灯泡变得更暗，电流表的示数变得更小。

这说明，两个电阻器串联会使这两个电阻器的电阻总值变大。

如果在电路中再并联一个定值电阻，电路中的灯泡亮度与电流表的示数又将如何变化？

如图 14-1-7 所示，如果两个定值电阻以并联的方式接放电路中，则相比只接入一个定值电阻，灯泡变得更亮，电流表的示数变得更大。

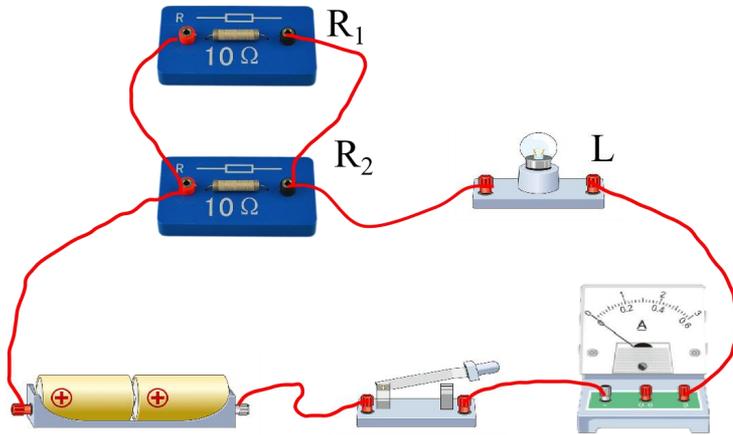


图 14-1-7

这说明，两个电阻器并联会使这两个电阻器的电阻总值变小。

根据导体的材料和横截面积相同时，导体电阻与长度成正比的属性可知，电阻器串联本质上是相当于导体的长度变长了，电阻变大了。

根据导体的材料和长度相同时，导体电阻与横截面积成反比的属性可知，电阻器并联本质上是相当于导体的横截面积变大了，电阻变小了。

如果把电阻器类比狭小的水管，电阻器并联犹如水管变宽，水流受到阻力变小；电阻器串联犹如狭小的水管加长，水流受到阻力变大。

变阻器

阻值可以调节变化的电阻器称为变阻器。

变阻器可分为滑动变阻器、变阻箱、电位器，如图 14-1-8 所示。



滑动变阻器

变阻箱

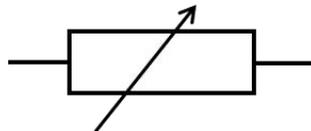
电位器

图 14-1-7

我们重点介绍一下变阻箱和滑动变阻器的结构和工作原理。

变阻箱的原理

变阻箱的元件符号为：



变阻箱与用电器串联接入电路中的电路图如图 14-1-8 所示。

变阻箱的工作原理是通过改变接入电路的电阻丝的长度或数量来改变电阻的大小。

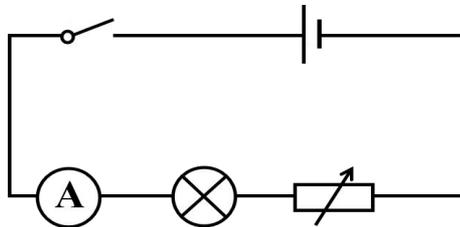


图 14-1-8

变阻箱主要有两种类型：旋钮式（改变接入电路中电阻线的长度）和插入式（改变拉入电路中的电阻器的数量），变阻箱的原理图如图 14-1-9 所示。

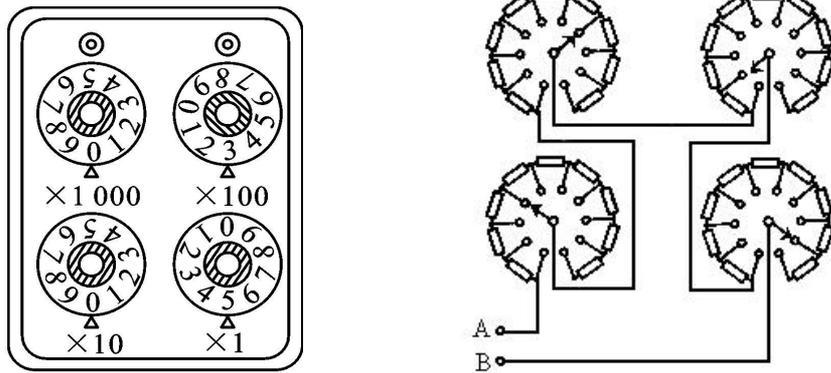


图 14-1-9

关于电阻箱的示数读取方法，如图 14-1-7 左图所示，它的示数为

$$R=0 \times 1000+3 \times 100+0 \times 10+5 \times 1=305 \Omega$$

电阻箱的好处是可以直接读出接入电路中的电阻的大小；缺点是电阻值不能连续的变化。

比如，电阻箱不能调出 305.5Ω 的阻值。

滑动变阻器的结构

滑动变阻器的结构如图 14-1-10 所示。

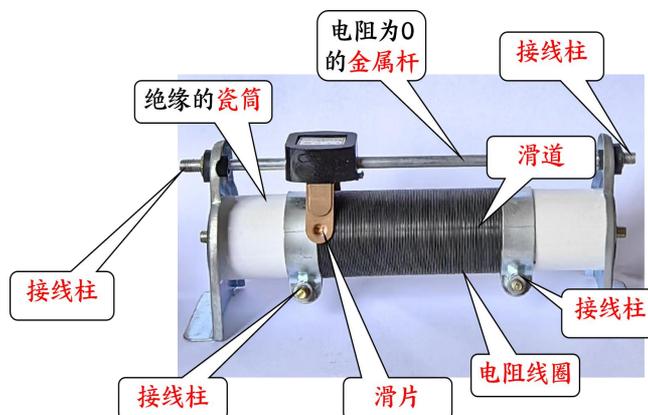


图 14-1-10

从图中可知，滑动变阻器结构比较复杂，主要部件有：

- (1) 4 个接线柱：一般同时接入 2 个接线柱；
- (2) 金属杆（金属杆的电阻可忽略不计，金属杆的两端是两个接线柱，称为上接线柱）；
- (3) 电阻线圈（电阻线圈具有一定的电阻，电阻线圈的两端也是两个接线柱，称为下接线柱）；
- (4) 滑片（把金属杆和电阻线圈接通，通过滑片的滑动，便可以改变滑动变阻器接入电路中的阻值的大小）。

滑动变阻器的结构示意图和元件符号如图 14-1-11 所示。

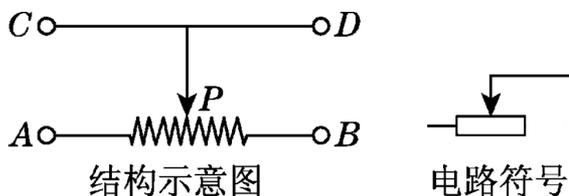


图 14-1-11

滑动变阻器的铭牌上的信息如图 14-1-12 所示。



图 14-1-12

铭牌上的“20 Ω 2A”的含义是指滑动变阻器的最大阻值是 20 Ω，滑动变阻器允许通过的最大电流是 2A。

需要强调的是，当滑动变阻器接入电路中的阻值为 20 Ω 时，电流不一定刚好就是 2A。

滑动变阻器的接入

滑动变阻器通常与其他用电器以串联的方式接入电路中。

在串联接入电路时，上接线柱和下接线柱各选择一个接入电路中。

需要强调的是，上接线柱的接线选择左端还是右端，不会影响滑动变阻器接入电路中的阻值大小，而下接线柱的接线却非常关键。如图 14-1-11 所示，左图中下接线柱的左端接入到电路中，则接入电路中的电阻丝的长度是 AP 部分；右图中下接线柱的右端接入到电路中，则接入电路中的电阻丝的长度是 BP 部分。

因此，关于滑动变阻器的接线技巧，我们有一个口诀：**一上一下，关键看下。**

在图 14-1-11 所示，如果滑动变阻器接线柱的接线是 CD，由于金属杆的电阻值大小近似为零，则此时滑动变阻器接入电路中的阻值为零。移动滑片时，并不能改变滑动变阻器接入电路中阻值为零的情况。也就是说，如果将滑动变阻器的两个上接线柱接入电路中时，相当于接入了一根**导线**。

在图 14-1-11 所示，如果滑动变阻器接线柱的接线是 AB，由于电阻丝是有一定阻值的，则此时滑动变阻器接入电路中的阻值不为零，且接入的阻值达到了滑动变阻器的最大阻值。此时移动滑片，并不能改变滑动变阻器接入电路中的阻值为最大值的情况，也就是说，如果将滑动变阻器的两个下接线柱接入电路中时，相当于接入一个阻值达到最大值的**定值电阻**。

例题：如图 14-1-13 所示，此图的滑动变阻器在接入电路时阻值是最大，还是最小？

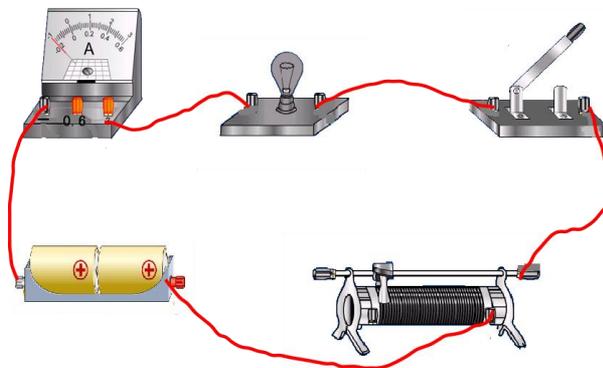


图 14-1-13

【分析】根据口诀“一上一下，**关键看下**”可知，滑动变阻器接入电路中的部分是滑片与右下接线柱的之间的电阻丝部分，显然，此时是整个电阻丝的长度接入电路中，即滑片移到了滑动变阻器的阻值最大处。

答：此时滑动变阻器接入电路中的阻值是最大的。

滑动变阻器的作用

滑动变阻器接入电路中的作用是多方面的。

（1）作用一：保护电路。

在闭合开关前，我们必须要把滑动变阻器的滑片移至阻值最大处，这样做的目的就是为了保护电路。闭合开关前，如果滑动变阻器接入电路中阻值没有接入阻值最大时，有可能造成电路中的电流过大，烧坏用电器和电源。

（2）作用二：改变电路中的电流大小。

滑动变阻器串联接入电路后，通过移动滑片，滑动变阻器接入电路中的阻值也会发生改变，即对电路中电流的阻碍作用发生了改变，从而使电路中的电流大小发生改变。

例题：如图 14-1-13 所示，当滑片向右移动时，滑动变阻器接入电路中的阻值大小将如何变化，电流表示数如何变化？

【分析】由于图中的滑动变阻器的下接线柱接入电路的是右端接线柱，则意味着滑片与右端接线柱之间电阻丝的部分连入了电路之中。当滑片向右移动时，则接入电路之中的电阻丝的长度将会变短，则滑动变阻器接入电路中的阻值变小，因此，电路中的电流将变大。

答：滑片向右移动时，滑动变阻器接入电路中的阻值将变小，电路中的电流将变大。

包含滑动变阻器的电路图

包含滑动变阻器的电路图如何画呢？

比如图 14-1-13 的实物图如何转变成电路图呢？

画电路图的步骤如下：

(1) 判断连接方式， 决定电路图框架。

显然这是一个串联电路（灯泡与滑动变阻器是串联的）， 因此， 我们采用“长方形”的电路图框架， 并用铅笔画出来。

(2) 把滑动变阻器当成定值电阻放入框架中。

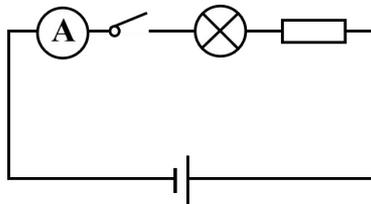


图 14-1-14

由于滑动变阻器的接线有些复杂， 我们不妨先把滑动变阻器看成定值电阻。 然后在框架上， 在线框的下面横线上用橡皮擦擦 1 个缺口（准备放电源元件符号）， 在线框的上面横线上用橡皮擦擦 4 个缺口（准备放滑动变阻器、 开关、 灯泡、 电流表）， 如图 14-1-14 所示。

(3) 将定值电阻元件符号修改为滑动变阻器元件符号。

由实物图 14-1-13 可知， 下接线柱接的是右侧， 则意味着滑动变阻器右侧电阻丝接入到电路中去了， 是属于“有效”电阻丝。 当滑片向右滑动时， 滑动变阻器接入电路中的阻值会变小。 为了满足这种情况， 所以， 把定值电阻变为滑动变阻器时， 右侧的接线不变， 把左侧

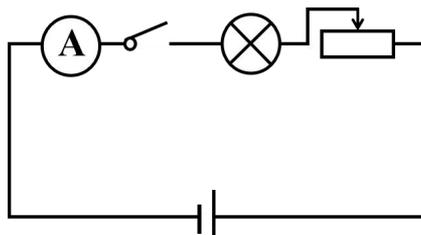


图 14-1-15

的接线变为带箭头的折线，从而完成定值电阻的元件符号变身为滑动变阻器的元件符号，如科 14-1-15 所示。

滑动变阻器的三个接线柱同时接入电路的分析

如图 14-1-16 所示，我们看到此电路中的滑动变阻器有 3 个接线柱同时接入到电路中去，那么，此时滑动变阻器接入电路中电阻丝的部分看哪一段呢？

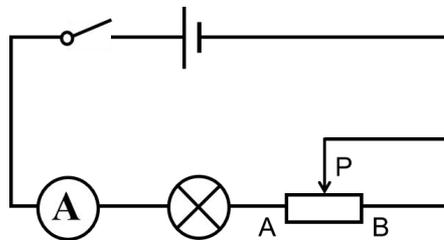


图 14-1-16

如何把滑动变阻器分为两部分，则这两部分分别是 PA 和 PB。显然，PB 部分被导线短路了，也就是说，PB 部分虽然看上去接入到电路中去了，但由于被短路，PB 部分不会有电流通过。因此，电阻丝 PA 部分接入到电路中去了，有电流通过并对电流起到了阻碍作用。

因此，滑动变阻器的两个下接线柱没有必要同时接入到电路中去。

“假滑阻”现象分析

有些，我们看到电路中有一个滑动变阻器，可是，如果仔细分析，这种“滑动变阻器”是一个假的滑动变阻器，其实是一个定值电阻。

例题：如图 14-1-17 所示，试分析，图中滑动变阻器的滑片向右移动，滑动变阻器连入

电路中的电阻是否有变化？

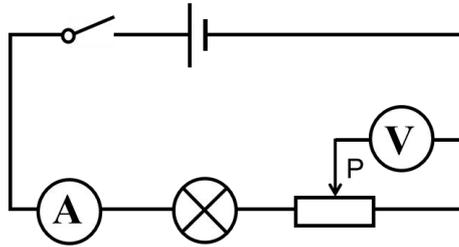


图 14-1-17

【分析】由于电压表的阻值很大，在探究电路的连接方式的时候，为方便起见，我们都把电压表当成一根“断开”的导线。

由于此题中的滑动变阻器的上接线柱的接线上有一个电压表，因此意味着滑动变阻器的上接线柱的接线断开了，如图 14-1-18 所示。

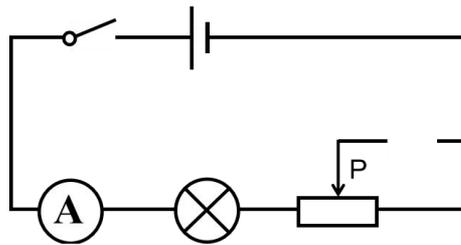


图 14-1-18

显然，此时相当于接入了一个定值电阻。

因此，当滑动变阻器的上接线柱的接线上接有电压表，本质上是将一个定值电阻接入到电路中。如果此时移动滑片，是不会改变电流表的示数的，灯泡的亮度也不会变化。



本节我们学习的物理规律

1、什么是电阻

物理学上，将导体对电流的阻碍作用称为电阻。

2、电阻的单位和符号

物理学上，电阻的符号是 R ，电阻的单位是欧姆，简称为欧，单位符号是 Ω 。

3、电阻的影响因素

导体电阻的影响因素有导体的材料、长度、横截面积及温度。导体的电阻与电压、电流无关。

大多数导体，温度越高，导体的电阻越大。

4、电阻的串联与并联

两个电阻串联，相当于电阻的长度变长，则这两个电阻的总电阻变大。

两个电阻并联，相当于电阻的横截面积变大，则这两个电阻的总电阻变小。

4、什么是变阻器？

阻值可以调节变化的电阻器称为变阻器。变阻器可分为滑动变阻器、变阻箱、电位器。

5、变阻箱与滑动变阻器的优劣比较

电阻箱的好处是可以直接读出接入电路中的电阻的大小；缺点是电阻值不能连续的变化。

滑动变阻器的好处是连入电路中电阻能连续的变化，缺点是无法直接读出接入电路中的电阻的大小。

6、滑动变阻器接入电路的技巧

一般以串联的方式接入电路中，接线柱的接线口诀：一上一下，关键看下。

如果将两个上接线柱接入电路中，相当接入一根导线；如果是将两个下接线柱接入电路中，相当接入一个阻值

7、滑动变阻器的作用

(1) 作用一：保护电路。

(2) 作用二：改变电路中的电流大小。

8、包含滑动变阻器的电路图的画法

- (1) 判断连接方式， 决定电路图框架。
- (2) 把滑动变阻器当成定值电阻放入框架中。
- (3) 将定值电阻元件符号修改为滑动变阻器元件符号。

9、“假滑阻”现象分析

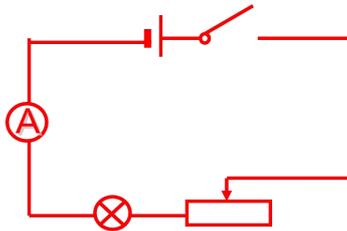
当滑动变阻器的上接线柱的接线上接有电压表，本质上是将一个定值电阻接入到电路中。



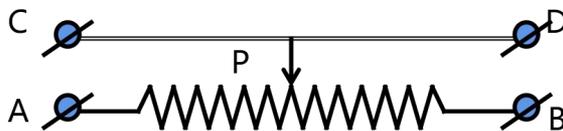
自我检测与巩固

1、试分析下列现象中的电阻变化：（1）将电阻丝拉长一倍，则电阻丝拉长前后的电阻之比是多少？（2）将电阻丝对折，则电阻丝拉长前后的电阻之比是多少？

2、如图所示电路，要使灯泡的亮度变小，则必须使变阻器接入电路部分的电阻变____，电流表的示数变 ____，滑动触头 P 应向____移动。



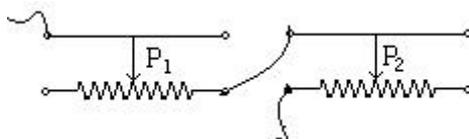
3、如图，若将导线接在滑动变阻器 B 和 C 两个接线柱上，当滑动触头 P 向右滑动时，变阻器的阻值将变____，若接在____和____ 两个接线柱上，阻值为最大且始终保持不变。



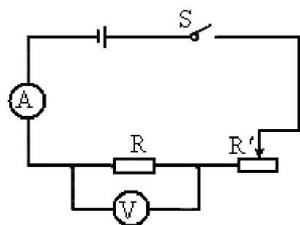
4、如图，将两个滑动变阻器串联后连入电路，要使电路中的电流最小，则滑片 p1, p2 的位置应该放在（ ）

- A、P1 在最右端， P2 在最左端
- B、P1 在最左端， P2 在最右端
- C、P1 在最左端， P2 在最左端

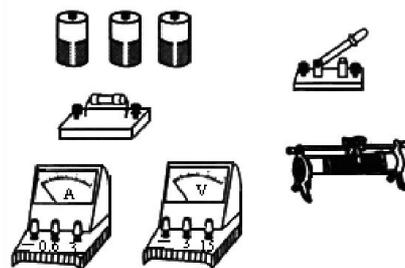
D. P1 在最右端, P2 在最右端



5、请根据电路图在实物图连接好电路。



甲



乙