# 64．遵守欧姆定律与电能全部转化为内能是否直接关联？

对于遵守欧姆定律的导体，在没有反电动势的情况下，通电过程中消耗的电能全部转化为内能，但有反电动势的除外。例如，电动机的通电部分都是金属导体，由于在磁场中运动而产生反电动势，消耗的电能大部分转化为机械能，至于不遵守欧姆定律的导体，也有可能电能全部转化为内能。例如，半导体二极管（不包括发光二极管等特殊的二极管）不论正向连接还是反向连接，消耗的电能都全部转化为内能。

在关于电功和电热的教学中，学习了电功 *W* = *UIt* 以及电热 *Q* = *I*2*Rt*，根据欧姆定律 *U* = *IR*，将它代入电功的计算式中，得到 *W* = *UIt* = *IR*·*It* = *I*2*Rt*，即电功等于电热，这说明消耗的电能全部转化为内能。这就让人猜测导体是否遵守欧姆定律与电能是否全部转化为内能二者之间到底有着怎样的关系。

## 一、一段遵守欧姆定律的导体，消耗的电能是否一定全部转化为内能？

所谓遵守欧姆定律的导体，主要是指金属导体，也包括酸碱盐的水溶液等，主要特征是通过的电流跟它两端的电压成正比。在没有反电动势的情况下，消耗的电能全部转化为内能，产生的内能称为焦耳热。

反电动势，就是有非静电力做功且方向与电流方向相反的电动势，用 *E*反 表示。如果某段电路含有电动势，则这段电路称为含源电路，对于含有反电动势的电路，适用的欧姆定律称为含源电路的欧姆定律，用公式表示是 *I* = ，或 *U* = *E*反 + *IR*。将后一种表达式的两边同乘以 *It*，得 *UIt* = *E*反*It* + *I*2*Rt*，其左边 *UIt* 为电功 *W*，即在时间 *t* 内消耗的电能，右边第二项 *I*2*Rt* 为电热 *Q*，即同样时间内产生的焦耳热，右边第一项 *E*反*It* 为克服反电动势所做的功，也就是电能转化为其他形式的那部分能量。这就是说，在存在着反电动势的那段电路中，消耗的电能不是全部转化为内能，而是有一部分转化为其他形式的能量。

**例 1** 如图 1 所示，金属棒 CD 静止在水平导轨上，两导轨通过开关 K 与直流电源相连接。如果没有磁场存在，闭合开关 K，CD 棒中将有电流通过，消耗的电能全部转化为内能，即焦耳热。但由于有磁场存在，CD 棒受安培力作用将加速运动，而棒开始运动后，将产生感应电动势，这个电动势就是反电动势。在 CD 棒中，电场力除了克服金属棒中电阻的阻碍作用外，还必须克服非静电力的阻碍作用。从能量转化的角度看，消耗的电能一部分克服电阻做功而转化为内能（*I*2*Rt*），另一部分则克服非静电力做功而转化为机械能（*E*反·*It*）。

C

*B*

图 1 最简单的电动机

D

K

*E*,*r*

**例 2** 如图 2 所示，在盛有硫酸铜溶液的电解槽中同定两个电极 A 和 B，通过开关 K 与直流电源连接。闭合开关 K，将有电流从电解液中通过，电解液属于遵守欧姆定律的导体，但由于反电动势 *E*反 的存在，电场力一方面要克服导体溶液中电阻的阻碍作用而消耗电能并将其转化为内能（*I*2*Rt*），另一方面还要克服反电动势的非静电力的阻碍作用而消耗电能并将其转化为化学能（*E*反·*It*）。

硫酸铜

水溶液

B

A

图 2 电解硫酸铜溶液的装置

K

例 1 中的 CD 段及例 2 中的 AB 间的电路都是含源电路，即除了导体的电阻外，还有反电动势存在，消耗的电能只有一部分转化为内能，其余部分则转化为其他形式的能量（机械能、化学能）。但二者仍有所不同：图 2 中的反电动势只存在于电极与溶液接触的薄层中，溶液的其他部分只有电阻存在，因此电能转化为化学能只发生在这两个薄层中，其余部分只产生焦耳热；而图 1 中的 CD 段切割磁感线运动产生的感应电动势是各小段产生的感应电动势的总和，即任何一小段导体，都既有电阻，也有反电动势。

## 二、是否遵守欧姆定律与电能全部转化为内能没有直接联系

这两个例子中，由于反电动势的存在，使得只有一部分电能转化为内能，另一部分则转化为其他形式的能量。但不应该误解为只要有反电动势存在，就一定有部分电能转化为内能以外的能量。我们说，*E*反·*It* 等于电场力克服反电动势做功而把电能转化为**其他形式**的能量，这里的“其他形式的能量”，指的是“**电能以外**其他形式的能量”，而不是“除电能和内能以外其他形式的能量”。或者说，克服反电动势的非静电力做功而消耗的电能，也有可能转化为内能举一个例子：有一种电动势，叫作温差电动势，如图 3 所示，把两根不同的金属甲和乙连接成一个回路，只要 A、B 两个接触点处的温度不同，回路中就会产生电流，这是因为产生了温差电动势，这个现象被称为赛贝克效应，从能量转化的角度看则是内能直接转化为电能，利用该效应可以设计制作发电机，后来又发现了它的逆效应，即在如图 3 所示的回路中接入一个直流电源，使电路中有电流通过，则出现 A、B 两个接触点中一个温度高、另一个温度低的现象，这称为帕耳帖效应，如果把温度低的接触点置于室内，而把另一个温度高的接触点置于室外，则可起到制冷机（冷空调）的作用。在这种情况下，温差电动势即是反电动势，电流克服反电动势做功消耗的电能全部转化为内能。两种不同的金属连接产生的温差电动势比较小，两种不同类型的半导体连接产生的温差电动势则大得多，因此在实际应用中使用半导体材料的更多。

B

图 3 温差电动势

甲金属

乙金属

A

再来看不遵守欧姆定律的导体与电能全部转化为内能之间的关系。半导体二极管是典型的不遵守欧姆定律的导体，有些半导体二极管消耗的电能的确不全部转化为内能，例如常用的发光二极管，它能把一部分电能直接转化为光能，转化效率很高，因此得到广泛应用。

但普通的半导体二极管，不论是正向连接还是反向连接，在通有恒定电流的条件下，消耗的电能都全部转化为内能。正向通电时，加在它两端的电压超过它的正向起始电压（锗二极管大约为 0.2 V，硅二极管大约为 0.6 V），通过它的电流较大，但由于它两端电压较小，因此它本身消耗的电功率不大，虽然消耗的电能全部转化为内能，但只要散热措施够好，就可正常使用。反向连接时，二极管处于截止状态，通过它的电流非常小，一般可以忽略，因此反向连接时基本不消耗电能。但也有特殊的二极管，例如稳压二极管，它的 *I*–*U* 特性曲线正向部分与一般的二极管没有什么区别，但反向部分有其特点，即加在它两端的电压超过击穿电压后，其 *I*–*U* 曲线非常陡，近似于与纵轴平行。它的工作状态就在这一段，通过它的电流即使变化较大，它两端的电压变化也很小，从而起到稳定电压的作用。使用时需要给它串联一个适当的电阻，使通过它的电流不致过大而造成损坏。用作稳压的二极管，工作时两端电压处于稍大于它的击穿电压的一个稳定的区间，通过的电流可以有一个较大的变化范围，它消耗的电功率就是电流与电压的乘积，每个稳压二极管都有其允许消耗的功率数值，使用时应注意不要超过。这种稳压二极管工作时消耗的电能也全部转化为内能。

## 三、小结

①导体是否遵守欧姆定律，与有没有反电动势无关，例 1 电动机中的金属导线、例 2 中的导电溶液，都是遵守欧姆定律的导体，它们遵守的是含源电路的欧姆定律。

②含有反电动势的电路，消耗的电能一般分为两部分：一部分是克服导体的电阻而消耗电能并将其转化为内能（焦耳热），另一部分是克服非静电力做功而消耗电能并将其转化为其他形式的能量。

③对于不遵守欧姆定律的导体，有可能消耗的电能不全部转化为内能，但也有可能消耗的电能全部转化为内能。

结论：是否遵守欧姆定律与消耗的电能是否全部转化为内能，并没有直接关联。