

④首届学术报告会④

编号

基—8309

论文资料

从“折”的观点讨论 稳恒电流

(张 受 地)

常州工业技术学院

03·十二

从“场”的观点讨论《恒定电流》

关于这一章在一般工科用教学参考书和我们历来的讲课中，主要是引入了电流密度的电动势概念，还讨论了电路定律——欧姆定律和焦耳—楞次定律（基尔霍夫定律，现在也不讲了），最后还有一些非基本内容。

从效果看，存在两个问题，一是和中学比较，差别不大，主要概念仅一个电动势和电流密度是新的；另一个是和前面讲的电场的性质和规律的联系不突出，因此，这一章似乎是比较孤立的，因此有必要对这一章内容进行一些讨论。

首先，大专教材能否比中学有所提高？如大纲所要求的提高生从“场”的观点来讨论电路的导电规律。

其次，为从“场”的观点来讨论，就必须加强和前两章电场的联系。第一章讲真空中静止电荷产生的静电场，第二章讲导体和介质在电场中达静电平衡时的静电场，那么这一章应突出在导体中有恒定电流时的电场的性质和规律。

基于以上考虑，本章的主要教学内容可这么安排：

本章研究对象是恒定电流和恒定电场；

理论基础是电荷守恒定律和电场的基本方程；

主要内容是：从电流和电场的关系来认识直流电路的导电规律；

主要的应用放在应用导电规律解直流电路，这是中学的继续和提高，为此，可考虑采用如下系统来组织教材。

一、电流和恒定电流

首先复习中学已学过的“电流”概念，并引入新概念“电流密度”（这个，同学容易接受）由此得出： $\vec{j} = ne\vec{u}_{\text{漂}}$

244/2:4(9)

然后提出“稳恒电流”，讨论其定义是：导体内电流不随时间变，它的特点是导体内电荷按恒分布，因此有稳恒电场，所以它具有静电场性质，遵循静电场基本方程；它的条件根据电荷守恒和稳恒的特点，得到了

$$\oint_S \vec{j} \cdot d\vec{s} = 0 \quad (\text{稳恒条件}).$$

根据这些，得到一些稳恒电流的基本性质：它的闭合性；在导体内 $\vec{j}$ 方向和导体表面的方向平行；任何截面处电流 I 相等……。这可以解释过去在中学中认为是必然的一些直流电路的性质，因此也是提高了一步。

二. 导体内电流和电场的关系

上面已经得到了 $\vec{j} = ne\vec{u}_{\text{漂}}$ ，再从电荷定向漂移和晶格碰撞的讨论以及实验的证实得到

$$\vec{u}_{\text{漂}} \propto \vec{E},$$

由此可得到欧姆定律的微分形式 $\vec{j} = \gamma \vec{E}$ 。这里的 $\vec{E}$ 可以是静电场 $\vec{E}_e$ ，也可以是非静电性的等效的场 $\vec{E}_k$ ，总之是引起电子宏观漂移的推动力。由此，可以讨论一些稳恒电流和稳恒电场的性质：证明了上面说的导体中稳恒电流造成的稳恒的电荷分布的产生的电场是稳恒电场，因而具有静电场的性质；电力线平行于导体表面；电荷只分布在不均匀处。（导体表面或电路内部不均匀处）。

三. 如何获得稳恒电流，维持稳恒电场

仅有静电场不能维持稳恒电流。

需要提供非静电力的装置——电源。

衡量非静电力作用大小的物理量 电动势 $\mathcal{E} = \int_{-+}^+ \vec{E}_k \cdot d\vec{l}$ 。

要突出积分结果与路径有关。

根据欧姆定律的微分形式在闭合电路中处处有稳恒电流和“场”的关系： $\vec{j} = \gamma(\vec{E}_e + \vec{E}_k)$

四、从“场”的观点认识直流电路的导电规律

导电的实验规律是欧姆定律 $I = \frac{V_A - V_B}{R}$ ，可用场的观点来认识它的含义。因为：

$$\vec{E} = \frac{\vec{j}}{\gamma} - \vec{E}_k$$

所以导体 AB 段上电势差为：

$$V_A - V_B = \int_A^B \vec{E}_e \cdot d\vec{l} = \int_A^B \frac{\vec{j}}{\gamma} \cdot d\vec{l} - \int_A^B \vec{E}_k \cdot d\vec{l}$$

这里的电势差是对应于静电场 $\vec{E}_e$ 的线积分，而不是 $\vec{E}_k$ 的，电动势 $\mathcal{E}$ 才是对应于 $\vec{E}_k$ 的线积分。

由此可得如下结论：

对于一段均匀导体： $\vec{E}_k = 0$ $\therefore V_A - V_B = I \cdot R$

对于闭合电路： $\frac{\vec{j}}{\gamma} = \vec{E}_e + \vec{E}_k$ ， $\oint \frac{\vec{j}}{\gamma} \cdot d\vec{l} = \oint \vec{E}_e \cdot d\vec{l} + \oint \vec{E}_k \cdot d\vec{l}$

$$\therefore I(R+r) = 0 + \mathcal{E}$$

$$\therefore I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$$

对于不均匀电路：

$$\begin{aligned} V_A - V_B &= \int_A^B \vec{E}_e \cdot d\vec{l} = \int_{\text{导体}} \vec{E}_e \cdot d\vec{l} + \int_{\text{电源}} \left(\frac{\vec{j}}{\gamma} - \vec{E}_k \right) \cdot d\vec{l} \\ &= \pm IR \mp (\mathcal{E} \pm Ir) \end{aligned}$$

$$\therefore V_A - V_B = \pm I(R+r) \mp \mathcal{E}$$

其中 I 的“+”号表示电流方向和积分路径方向一致，而 $\mathcal{E}$ 的正负看 $\vec{E}_k$ 的方向和积分路径的方向，若一致取“-”号。

这样，从“场”的观点认识了欧姆定律，明确了直流电路中的电压就是前面两章讲的电势差，是电流产生的静电场的线积分，而电动势则是非静电性场强的线积分，这一点过去学生学完后吴

际上往往不很明确，常把电压和电动势混起来。

五、导电规律的应用

首先是欧姆定律（对于均匀导体的，闭合电路的，不均匀电路的）的应用。应着重在一段含源电路的应用，让学生注意和均匀导体情况下，电流和电压之间关系的不同，比中学提高一步。

其次对于焦耳——楞次定律的应用，这也可用“场”的观点加以说明。

$$I \int_{-}^{+} \vec{E}_K \cdot d\vec{l} = \mathcal{E} I \quad \text{是非静电力对电流作的功，是电源}$$

提供的非电能。 $I^2 r$ 是内阻中电场力对电流作的功，通过碰撞，把电能转化为焦耳热，因此， $\mathcal{E} I - I^2 r$ 是电流能够输出到负载上的功率。 $I(V_A - V_B)$ 是在负载 AB 中电场力对电流作的功，是负载消耗电能，以适当的方式，转化为其它形式的能量，若负载为纯电阻，则 $I(V_A - V_B) = I^2 R$ ，是电场力对电阻中电流作的功，转化为焦耳热。

通过上面的讨论，这一章的名称还是叫“稳恒电流和稳恒电场”为好！这样安排教学内容，在讲课学时数上并不增加，但至少有下列几个好处：

1. 明确了稳恒电流的性质，尤其是它的闭合性。
2. 明确了稳恒电流产生稳恒电场，它具有静电场的性质，遵循环流定理，因而可以引用电势差的概念。
3. 明确了中学生讲的直流电路的电压，就是稳恒电场的线积分，就是以前讲的电势差

$$V_A - V_B = \int_A^B \vec{E}_e \cdot d\vec{l}$$

而电动势是非静电力对单位正电荷作的功 $\mathcal{E} = \int_{-}^{+} \vec{E}_K \cdot d\vec{l}$ 与路径有

关，两者截然不同，但它们有联系，它们的联系是欧姆定律及其微分形式。

4. 明确了几何欧姆定律公式，可由“场”的观点导出，并较清楚的看到它们的物理意义。

5. 至于解各种电路的具体定理、技巧和方法，则由电工课解决。

从物理的角度看，这样安排似乎更恰当些，更符合大纲要求。但是，这样对工科学校讲，是否恰当呢？希望大家讨论。

128D

常州市广化巷印社	
东大街100号	电话5366