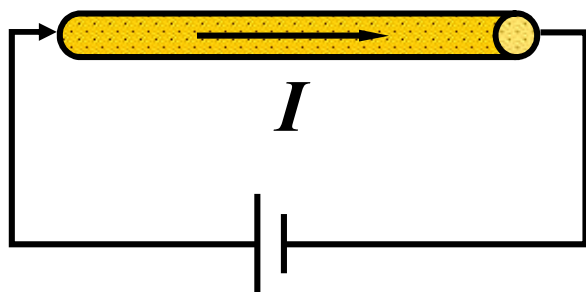


# § 1-6 恒定电场

电荷宏观定向运动——电流（传导电流、运流电流）

电荷分布恒定——恒定电流、恒定电场。

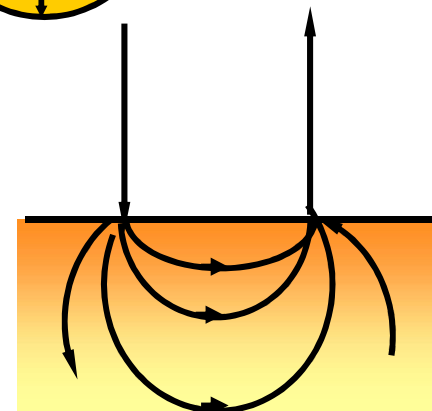
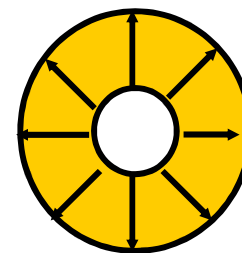
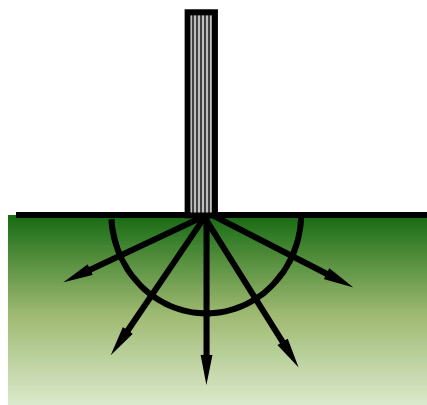
## 一、 恒定电流



电流强度

$$I = \frac{dq}{dt}$$

大块导体

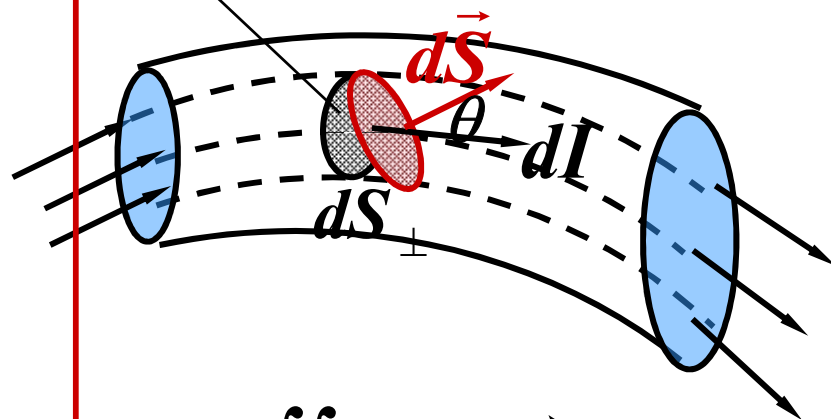


引入电流密度矢量  $\vec{j}$

方向：正电荷宏观定向运动的方向

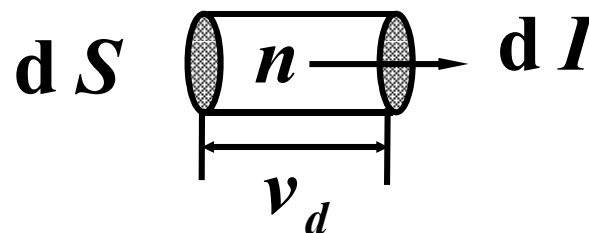
大小：  $\vec{j} = \frac{dI}{dS_{\perp}} = \frac{dI}{dS \cos \theta}$  单位：  $\text{Am}^{-2}$

$\theta$   $dI = j dS \cos \theta = \vec{j} \cdot d\vec{S}$



$I = \iint_S \vec{j} \cdot d\vec{S}$

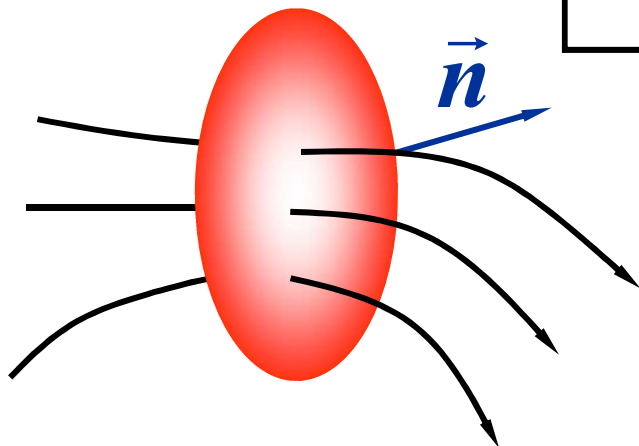
电流强度 = 电流密度通量



$dI = \frac{dQ}{dt} = nqv_d dS$

$j = \frac{dI}{dS} = nqv_d$

封闭曲面



$$I = \oiint_S \vec{j} \cdot d\vec{S} = \frac{dQ}{dt} \quad \text{单位时间, } S \text{ 面内电荷增量。}$$

$$\oiint_S \vec{j} \cdot d\vec{S} \xrightarrow[\text{外法线为正}]{\text{规定}} - \frac{dQ}{dt}$$

电流的连续性方程

恒定电流——电荷分布不变——任何闭合曲面内

$$\frac{dQ}{dt} = 0$$

$$\oiint_S \vec{j} \cdot d\vec{S} = 0$$

单位时间流出S面的电流 = S面内电量的减少率

电流线  $\left\{ \begin{array}{l} \text{起于正电荷减少处,} \\ \text{止于正电荷堆积处。} \end{array} \right.$

恒定条件—— $j$  线不中断。

## 电流密度 $\mathbf{J}$ 和电流强度 $I$ 的区别与联系

电流强度是单位时间内通过导体某一截面的电荷总量，它描述导体中某一截面上电荷流动的总体情况，虽然电流有方向，但电流和电流强度却是标量。

电流密度的大小等于通过导体中某点单位垂直截面的电流强度，它描述导体中某一点处电荷流动的情况，它能精细地反映电流场中电流分布的细节，电流密度是矢量。

它们之间的联系是：通过某曲面的电流等于通过该曲面的电流密度的通量，即

$$I = \iint_S \vec{J} \cdot d\vec{S}$$

## 二、 恒定电场

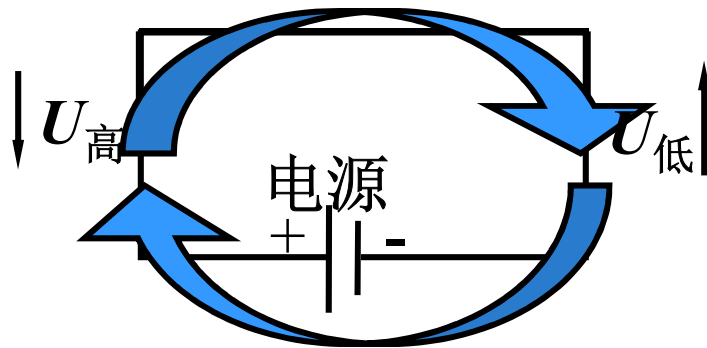
源分布不变——场分布也不变

1、基本性质与  
静电场一样

$$\left\{ \begin{array}{l} \oiint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_i q_i \\ \oint_L \vec{E} \cdot d\vec{r} = 0 \end{array} \right.$$

2、恒定电流必须由导体两  
端的稳定电势差维持

$\left\{ \begin{array}{l} \text{导体不再是等势体 } E_{\text{内}} \neq 0 \\ \text{导体表面不再是等势面} \end{array} \right.$



靠非静电力把正电荷不断从  
低电势处运到高电势处。

# 恒定电场和静电场的异同：

共同之处：

(1) 在这两个场中，电荷的分布不随时间变化，电路中电荷的分布也不随时间变化；

(2) 高斯定理和场强环路定理在两个场中均成立，且形式不变，所以恒定电场也是保守力场，也可引进电势和电势差的概念。

区别之处：

(1) 激发静电场的电荷是相对静止的，而激发恒定电场的电荷是运动的；

(2) 静电场中导体内场强为零，导体是等势体，导体中无电流，而恒定电场中导体内场强不为零，导体不是等势体，导体表面也不是等势面，导体中有电流。

### 三、 电动势

定义1：把单位正电荷从电源的负极通过内电路移到正极，非静电力所作的功——电源电动势  $\mathcal{E}$  。

定义2：作用在单位正电荷上的非静电力——非静电场场强  $E_k$  。

$$\mathcal{E} = \int_{-}^{+} \vec{E}_k \cdot d\vec{r}$$

当整个回路中都有非静电力时

$$\mathcal{E} = \oint \vec{E}_k \cdot d\vec{r}$$

## 电动势和电势差的异同：

电源的电动势等于把单位正电荷从电源负极经电源内部移到电源正极时非静电力所作的功，它是衡量电源中非静电力做功本领大小的物理量，是描述电源本身性质的一个物理量。电源一定，电动势就一定，与外电路的性质以及电路是否接通均无关。

电势差是指在静电场中或稳恒电场中，把单位正电荷从 $a$ 点经任意路径移到 $b$ 点静电力所作的功，它是描述静电场或稳恒电场本身能的性质的物理量，在静电场或稳恒电场中，给定两点间的电势差是确定的，与电势零点的选取无关。