

第16章 恒定磁场



本章作业

□ 教材P117~119

1, 2, 3, 4, 13, 14, 16, 17 (共8题)

注意

□ 作业用A4纸, 不抄题, 有题号

□ 选择&填空题要有解题过程



16.1 恒定电流

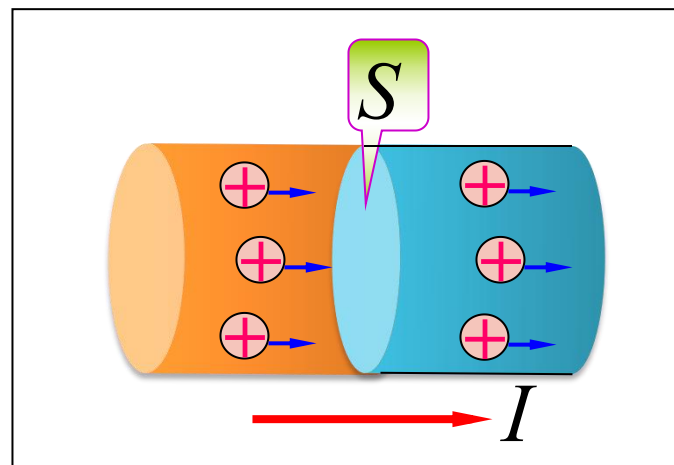
➤ 电流 电流密度

□ 形成电流的条件

- ✓ 在导体内有可以自由移动的电荷（**载流子**）
- ✓ 在导体内要维持一个**电场**，或者在导体两端要存在有**电势差**

□ **电流强度(标量)**：单位时间内通过导体**任一横面** S 的电荷量

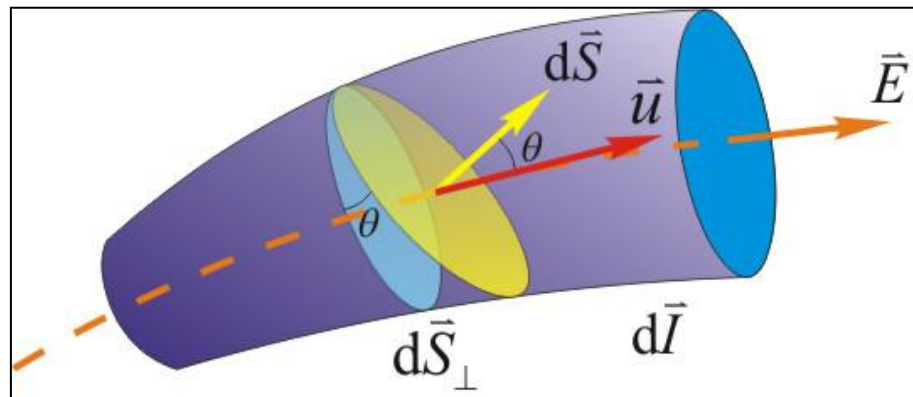
$$I = dq / dt$$



电流 电流密度

定义 { 载流子浓度 n ;
载流子电荷 q ;
载流子漂移速度 \bar{u}

$$I = \frac{dq}{dt} = \frac{qn u S_{\perp} dt}{dt} = qn u S_{\perp}$$



$$dI = qn u dS_{\perp} = qn u dS \cos \theta = qn \bar{u} \cdot d\vec{S}$$

□ 电流密度 (矢量)

$$\vec{j} = qn \bar{u} \quad dI = \vec{j} \cdot d\vec{S}$$

电流密度大小 $j = |qn u| = \left| \frac{dI}{dS_{\perp}} \right|$

单位: $A \cdot m^{-2}$

方向: 该点正电荷的运动方向



华南理工大学

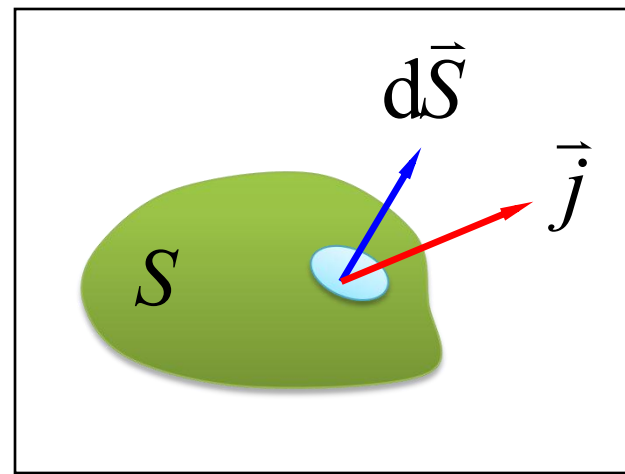
South China University of Technology

电流的连续性

$$dI = \vec{j} \cdot d\vec{S} \quad \Rightarrow \quad I = \int \vec{j} \cdot d\vec{S}$$

$$I = \frac{dq_{\text{外}}}{dt} = -\frac{dq_{\text{内}}}{dt}$$

($dq_{\text{外}} + dq_{\text{内}} = 0$, 电荷守恒)



$$\oint_s \vec{j} \cdot d\vec{S} = -\frac{dq_{\text{内}}}{dt}$$

电流的连续性方程

单位时间内通过**闭合曲面**向外**流出**的电荷，等于此时间内闭合曲面内电荷的**减少量**。



恒定电流条件

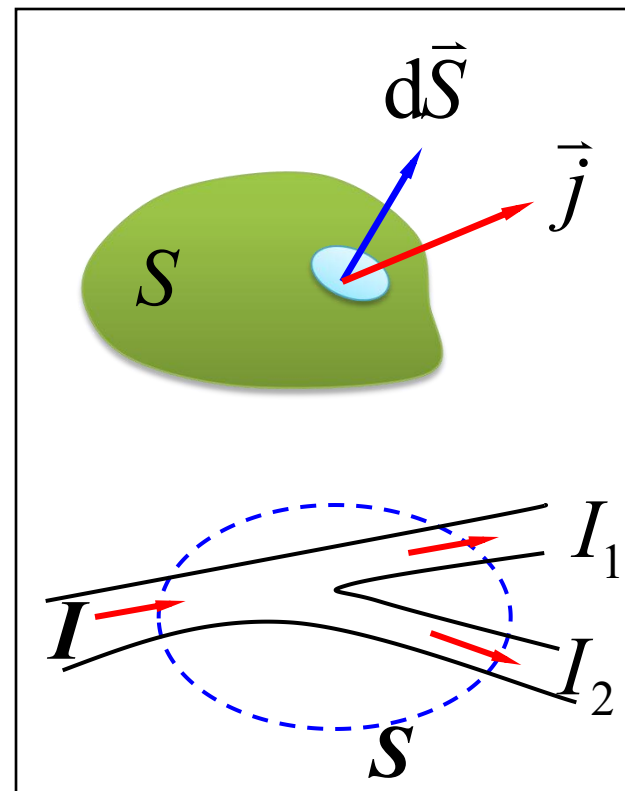
由 $\oint_S \vec{j} \cdot d\vec{S} = -\frac{dq_{\text{内}}}{dt}$ ，若闭合曲面 S 内的电荷不随时间而变化，则 $\frac{dq_{\text{内}}}{dt} = 0$

➤ 恒定电流 $\oint_S \vec{j} \cdot d\vec{S} = 0$

导体内的电流密度不随时间变化的电流。

基尔霍夫
第一方程

$$-I + I_1 + I_2 = 0$$



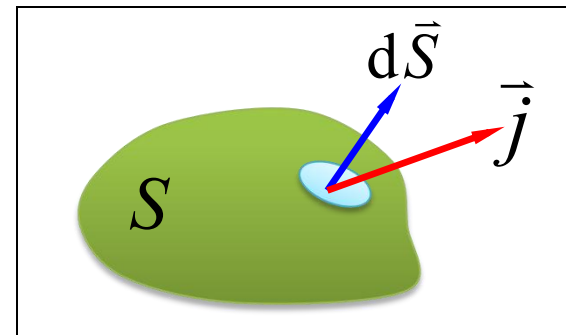
华南理工大学

South China University of Technology

恒定电场

恒定电流 $\oint_S \vec{j} \cdot d\vec{S} = 0$

恒定电场



□在恒定电流情况下，导体中电荷分布不随时间变化形成恒定电场；

□恒定电场与静电场具有相似性质（高斯定理和环路定理），恒定电场可引入电势的概念；

□恒定电场的存在伴随能量的转换（非静电做功）。



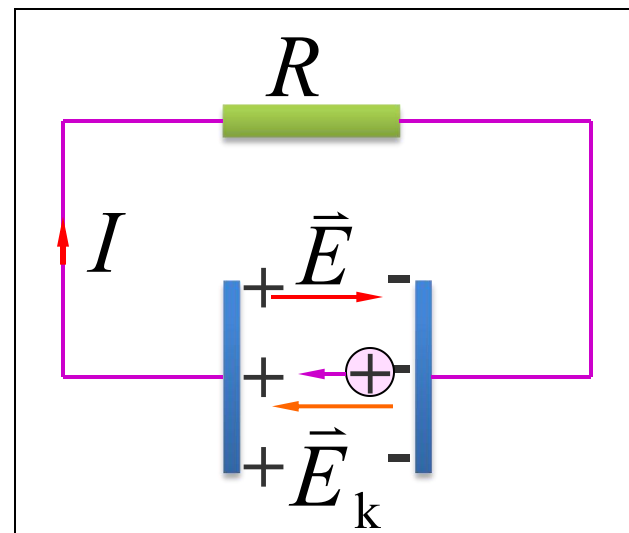
非静电力

□ **非静电力**: 能不断分离正负电荷使正电荷**逆着**静电场力方向运动

□ **电源**: 提供非静电力的装置

□ **非静电电场强度** \vec{E}_k :
为**单位正**电荷所受的非静电力

$$A_{\text{非}} = \int_{-}^{+} q \vec{E}_k \cdot d\vec{l}$$



□ **电动势的定义**: 单位正电荷从负极通过电源内部移到正极时非静电力所做的功

$$\xi = \frac{A_{\text{非}}}{q} = \int_{-}^{+} \vec{E}_k \cdot d\vec{l}$$

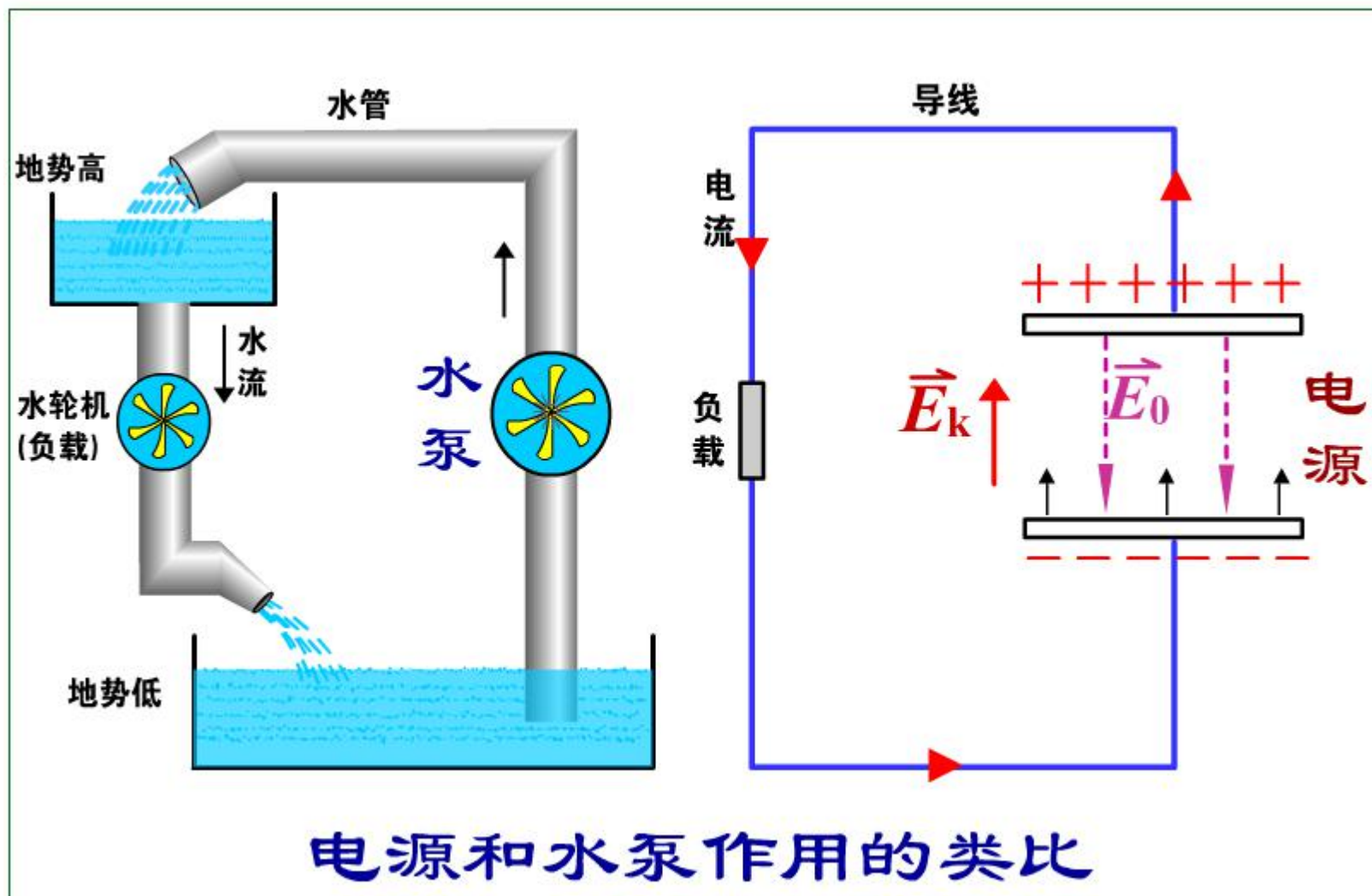


华南理工大学

South China University of Technology

8

电源VS.水泵



欧姆定律的微分形式

欧姆定律

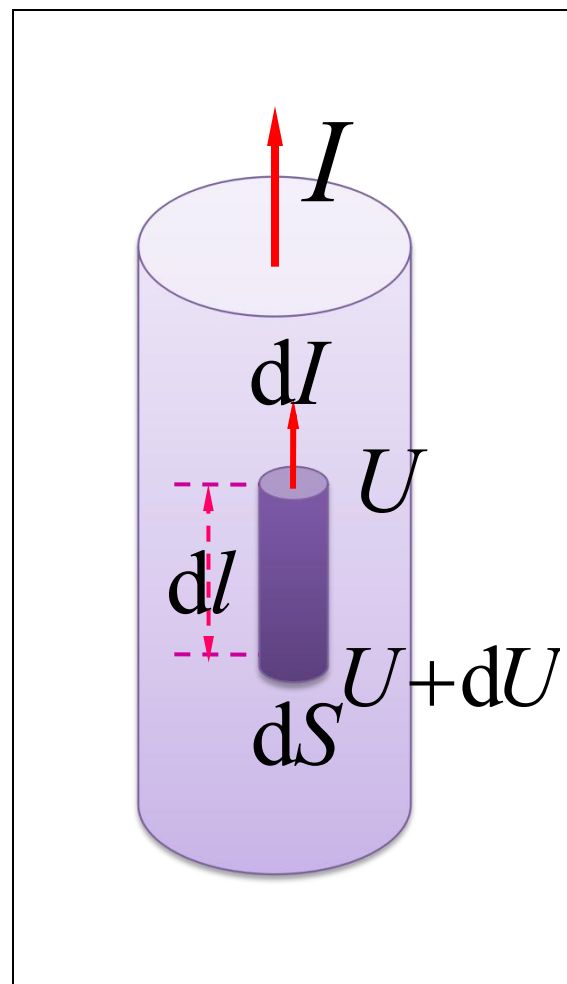
$$\left. \begin{aligned} I &= \frac{U}{R} \rightarrow dI = \frac{dU}{R} \\ R &= \rho \frac{l}{S} \rightarrow R = \frac{\rho dl}{dS} \end{aligned} \right\}$$

$$dI = \frac{1}{\rho} \frac{dU}{dl} dS$$

$$\frac{dI}{dS} = \frac{1}{\rho} \frac{dU}{dl} = \frac{1}{\rho} E = \sigma E$$

欧姆定律的微分形式

$$\vec{j} = \frac{1}{\rho} \vec{E} = \sigma \vec{E}$$



华南理工大学

South China University of Technology

例题1

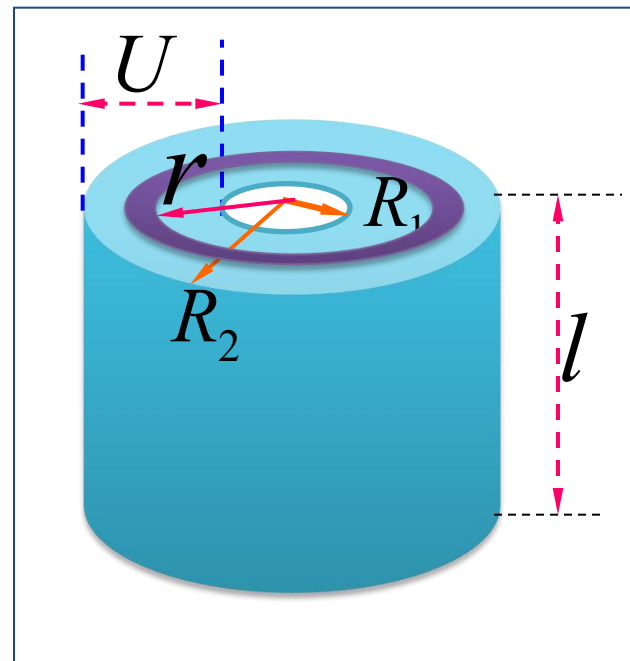
一内、外半径分别为 R_1 和 R_2 的金属圆筒，长度 l ，其电阻率 ρ ，若筒内外电势差为 U ，且筒内缘电势高，圆柱体中径向的电流强度为多少？

解法一

$$dR = \rho \frac{dr}{S} = \rho \frac{dr}{2\pi r l}$$

$$R = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\rho dr}{2\pi r l} = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{R_2}{R_1}$$

$$I = \frac{U}{R} = 2\pi l U / \rho \ln \frac{R_2}{R_1}$$



解法二

欧姆定律的微分形式 $\vec{j} = \frac{1}{\rho} \vec{E}$

$$I = \int \vec{j} \cdot d\vec{S} = j 2\pi r l$$

$$j = \frac{I}{2\pi r l} = \frac{E}{\rho} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{I \rho}{2\pi r l}$$

$$U = \int \vec{E} \cdot d\vec{r} = \int_{R_1}^{R_2} \frac{I \rho dr}{2\pi l r}$$
$$= \frac{I \rho}{2\pi l} \ln \frac{R_2}{R_1} \quad \Rightarrow \quad I = ?$$

