
静 电 场

第六讲 静电场的环路定理 电势

$\S 1$ 静电场的环路定理

静电场的环路定理:

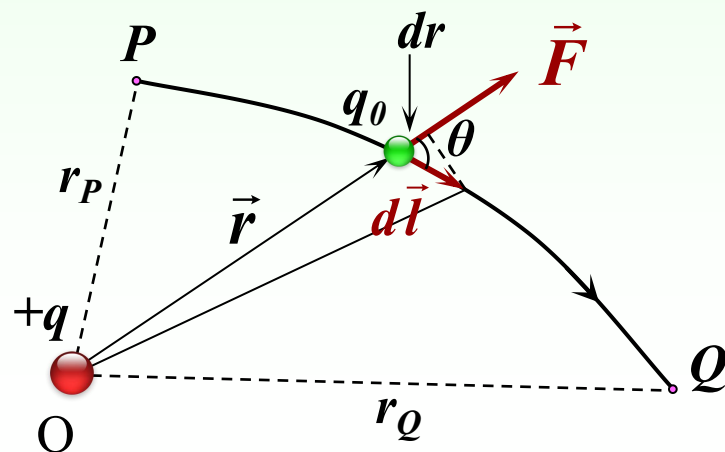
设试探电荷 q_0 在点电荷 q 的电场中沿曲线由 P 运动到 Q , 则:

$$dA = q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr$$

$$A = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_P}^{r_Q} \frac{dr}{r^2} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_P} - \frac{1}{r_Q} \right)$$

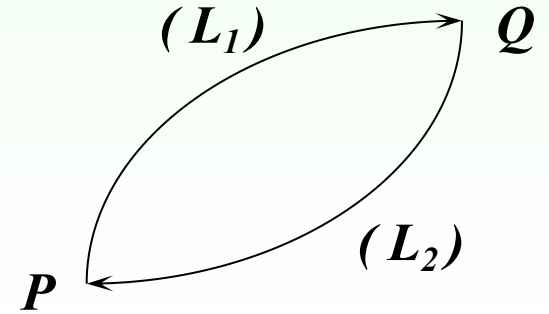
结论: 静电场力对试探电荷 q_0 所作的功与 q_0 的运动路径无关, 只和 q_0 的始、末位置 (r_P 、 r_Q) 有关。

此结论可推广到任意带电体产生的电场中。



或： q_0 沿任意闭合路径一周，静电场力的功为零。

$$\begin{aligned} A &= \oint q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} = q_0 \int_{\substack{P \\ (L_1)}}^Q \vec{E} \cdot d\vec{l} + q_0 \int_{\substack{Q \\ (L_2)}}^P \vec{E} \cdot d\vec{l} \\ &= q_0 \int_{\substack{P \\ (L_1)}}^Q \vec{E} \cdot d\vec{l} - q_0 \int_{\substack{P \\ (L_2)}}^Q \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \end{aligned}$$



即：

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$

静电场的环路定理

➤ 静电场为保守场，静电场力为保守力。

$\S 2$ 电势能 电势

电势能、电势：

静电场为保守场，因而可引入电势能的概念：

静电场力对试探电荷 q_0 所作的功等于 q_0 电势能增量的负值。

$$A_{PQ} = q_0 \int_P^Q \vec{E} \cdot d\vec{l} = -(W_Q - W_P) = -\Delta W$$

$A_{PQ} > 0$ 时， q_0 电势能减少； $A_{PQ} < 0$ 时， q_0 电势能增加。

通常把电势能的零点取在无穷远处，则：

P 点的电势能：将 q_0 从 P 点移到电势能零点处时，静电场力所作的功。

$$W_P = q_0 \int_P^{\infty} \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

电势能的大小、正负与 q_0 的大小、正负有关，但比值 W_p/q_0 与 q_0 无关，它反映了电场本身的性质。

电势定义：电场中 P 点的电势 U_P 等于将单位正电荷从 P 点移到电势零点时，静电场力所作的功。

$$U_P = \frac{W_P}{q_0} = \int_P^{\infty} \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

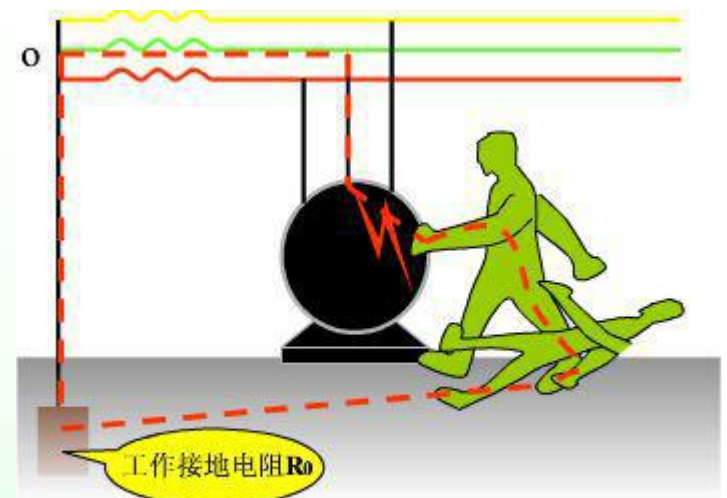
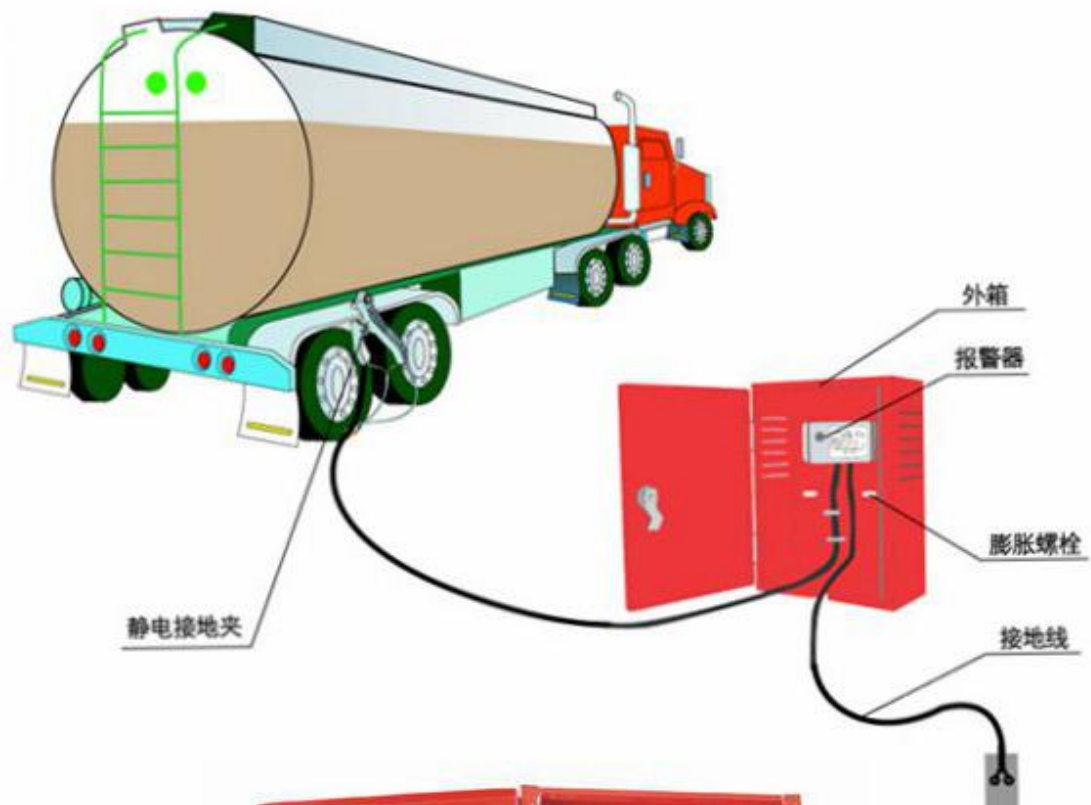
电势的单位： V （伏特）= J/C

电场中 P 、 Q 两点间的电势差等于将单位正电荷由 P 移到 Q 时，电场力所作的功。

$$U_{PQ} = U_P - U_Q = \int_P^{\infty} \vec{E} \cdot d\vec{l} - \int_Q^{\infty} \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_P^Q \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

将电荷由 P 点移到 Q 点时电场力所作的功为：

$$A_{PQ} = q \int_P^Q \vec{E} \cdot d\vec{l} = q(U_P - U_Q)$$



在中性点直接接地的电力系统中发生碰壳故障