

地磁上机实验

陈涛

■ 全空间一个点电源的电场

$$U = -\frac{C_1}{R}$$

由于电流强度为 I , 电流密度 $j = \frac{I}{4\pi R^2}$

$$j = \frac{1}{\rho} E = \frac{1}{\rho} \left(-\frac{\partial U}{\partial R} \right) = \frac{1}{\rho} \left(-\frac{C_1}{R^2} \right)$$

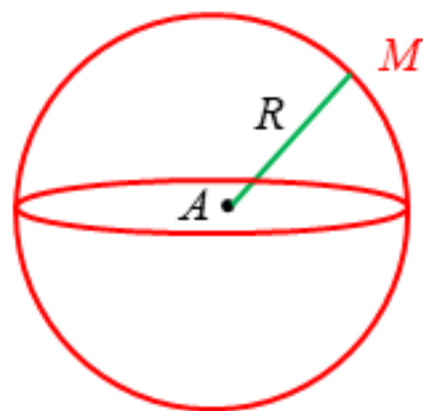
$$\mathbf{E} = -\nabla U$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\rho} \left(-\frac{C_1}{R^2} \right) = \frac{I}{4\pi R^2}$$

$$\Rightarrow C_1 = -\frac{I\rho}{4\pi}$$



$$U = \frac{I\rho}{4\pi R}$$



■ 半空间一个点电源的电场

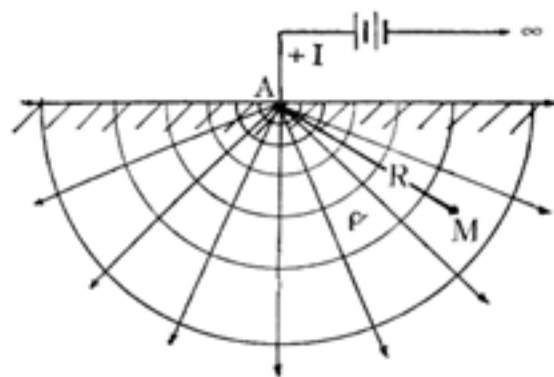
电流源在地表

$$U = -\frac{C_1}{R}$$

半无限介质中，**电流密度应较无限介质中大一倍**，则有（镜像法或虚源法）

$$j = \frac{I}{2\pi R^2} \quad j = \frac{1}{\rho} \left(-\frac{C_1}{R^2} \right) \quad \Rightarrow C_1 = -\frac{I\rho}{2\pi}$$

➡ $U = \frac{I\rho}{2\pi R} \quad E = \frac{I\rho}{2\pi R^2}$



电流源在地下

$$U = -\frac{C_1}{R}$$

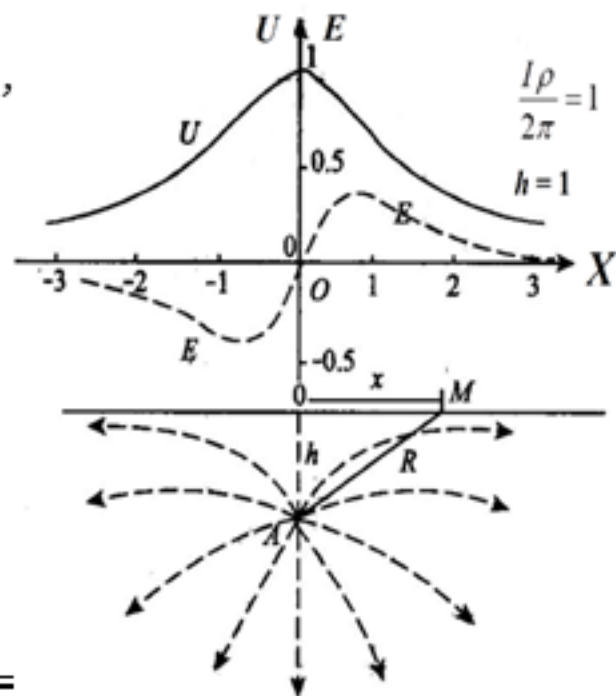
镜像法求解（关于地面对称的虚震源 A' ）

$$U = \frac{I\rho}{4\pi} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right)$$

R' 为虚震源至观测点 M 的距离

M 在地面上时, $R = R'$

$$U = \frac{I\rho}{2\pi R} = \frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{h^2 + x^2}}$$



■ 半空间一个点电源的电场

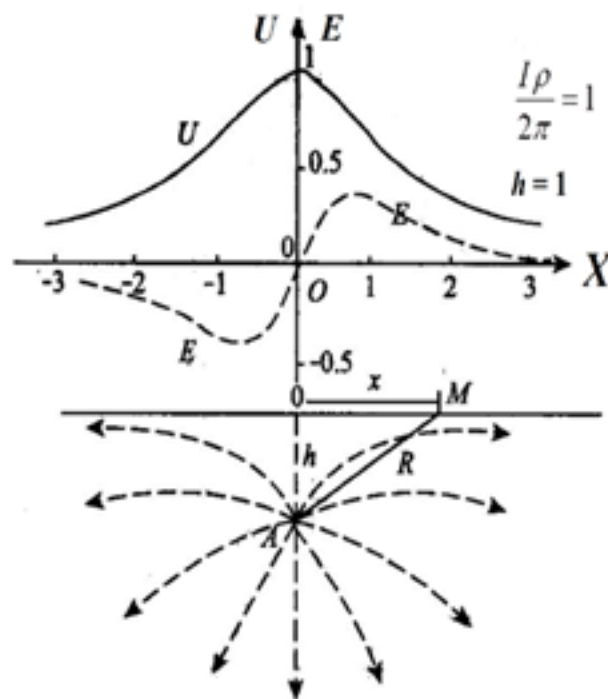
电流源在地下

沿 X 方向的电场强度 E_x 和电流密度 j_x

$$U = \frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{h^2 + x^2}}$$

$$E = -\nabla U \Rightarrow E_x = \frac{\partial U}{\partial x} = \frac{I\rho}{2\pi} \frac{x}{(h^2 + x^2)^{3/2}}$$

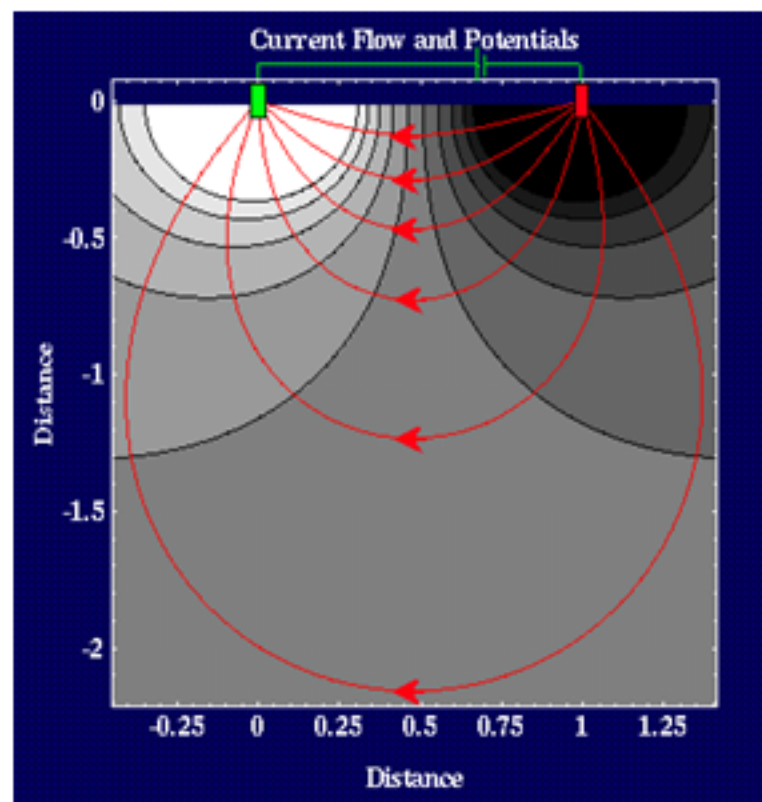
$$j = \frac{E}{\rho} \Rightarrow j_x = \frac{I}{2\pi} \frac{x}{(h^2 + x^2)^{3/2}}$$



■ 半空间两个异性点电源的电场

点电源 A 和 B 相距 $2L$ ，分别以 $+I$ 和 $-I$ 向地下供电，根据电场的迭加原理，便可写出 A 、 B 两电极在 M 点形成的电位：

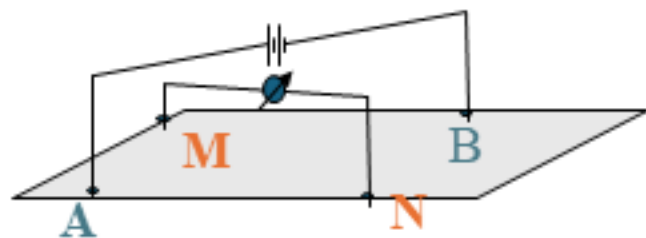
$$U = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right)$$



■ 半空间地下电阻率的确定

地面水平，地下为均匀、无限、各向同性介质，将A、B两供电电极与电源相连，并向地下供入电流强度为I的电流时，则地表任意两测量电极M和N的电位：

$$\begin{cases} U_M = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) \\ U_N = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \end{cases}$$



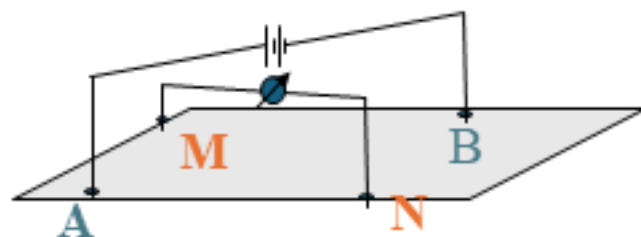
$$\begin{aligned} \Delta U_{MN} &= U_M - U_N \\ &= \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right) \end{aligned}$$

■ 半空间地下电阻率的确定

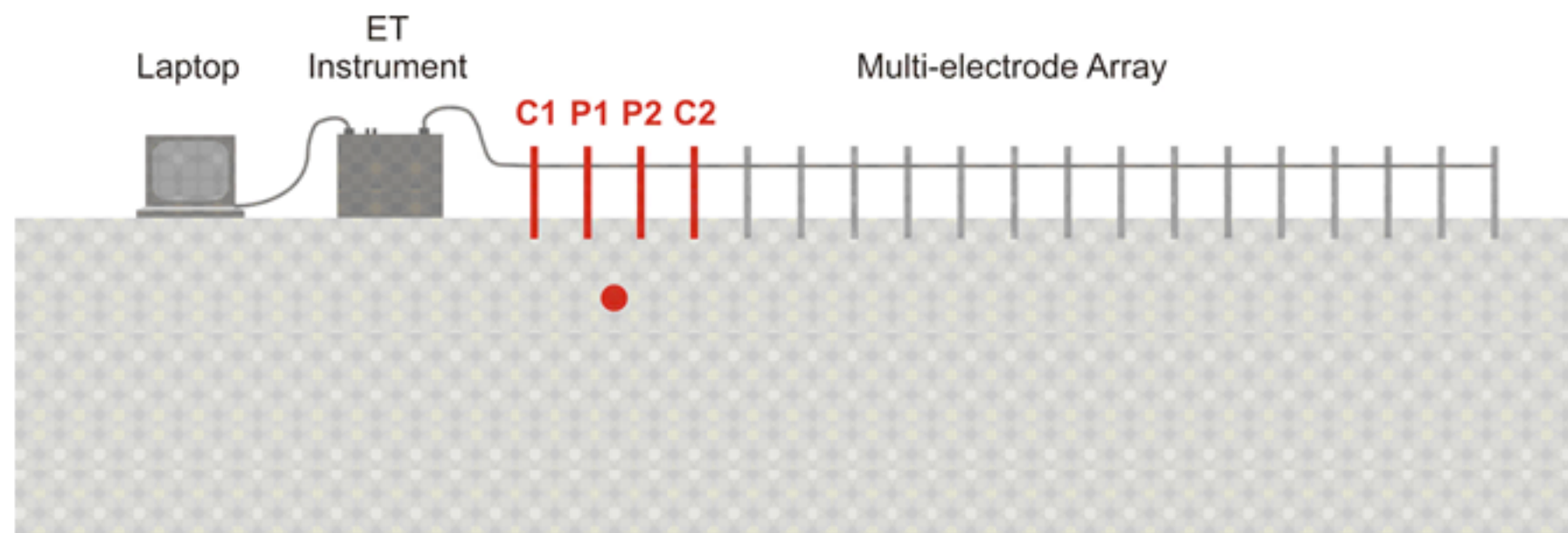
得到用点电极测量均匀大地电阻率的表达式：

$$\rho = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}} \frac{\Delta U_{MN}}{I} = K \frac{\Delta U_{MN}}{I}$$

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}}$$



K 称为**电极排列系数**（**装置系数**），其**单位为米**，是一个仅与各电极间空间位置有关的量。



电极的移动、电极之间的距离变化

