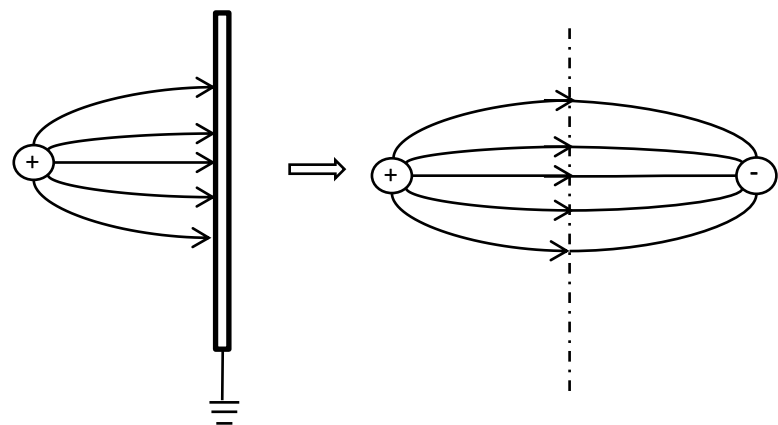
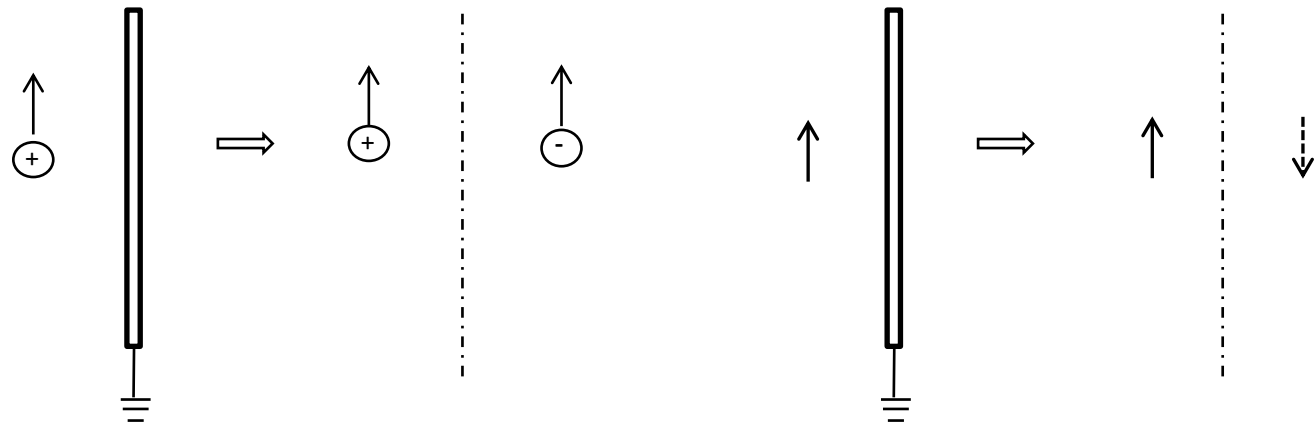


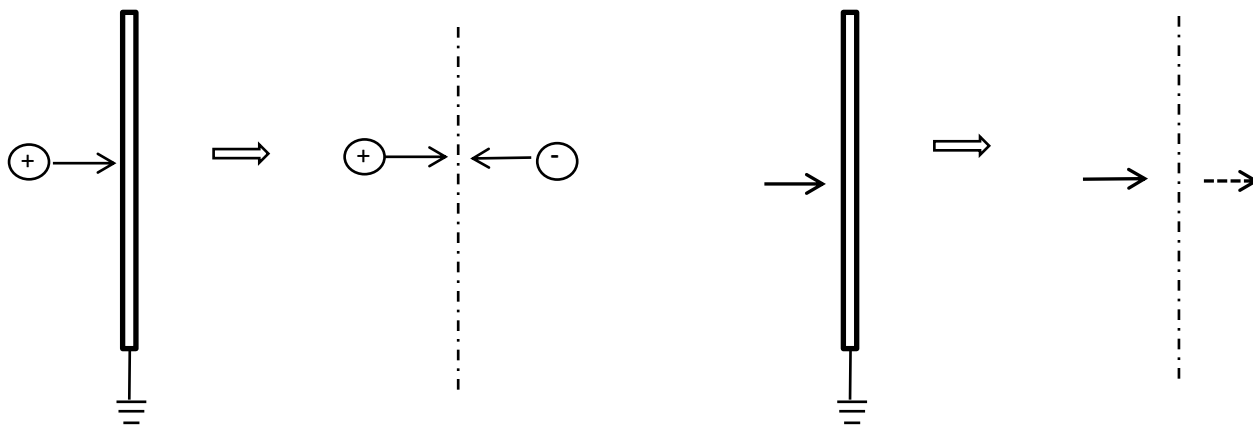
电流元镜像原理一



正电荷电势为 $+\infty$ ，负电荷电势为 $-\infty$ ，正负电荷中间平面电势应该为0，而接地导体平板电势也为0，因此加入接地导体平板后不影响电场的分布，如上面两幅图所示，左侧电场是完全一致的。表明接地金属板对正点电荷电场的影响，可以由一个镜像的负电荷来代替。但是这个负电荷是虚拟的，它只对金属板左侧电场起作用。

电荷定向移动形成电流



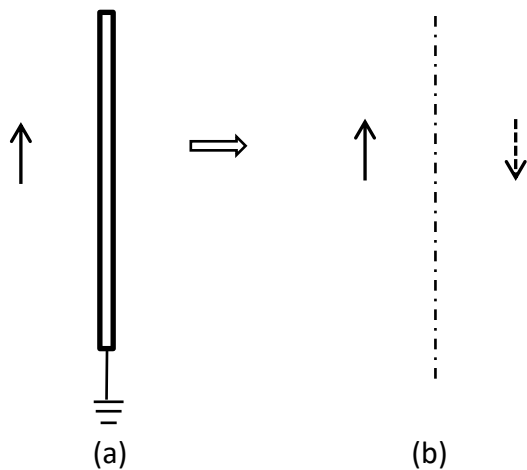


电流元镜像原理二

电磁场边界条件：

$$\begin{cases} \vec{n} \times (\vec{H}_2 - \vec{H}_1) = \vec{j}_f \\ \vec{n} \times (\vec{E}_2 - \vec{E}_1) = 0 \\ \vec{n} \cdot (\vec{B}_2 - \vec{B}_1) = 0 \\ \vec{n} \cdot (\vec{D}_2 - \vec{D}_1) = \rho_f \end{cases}$$

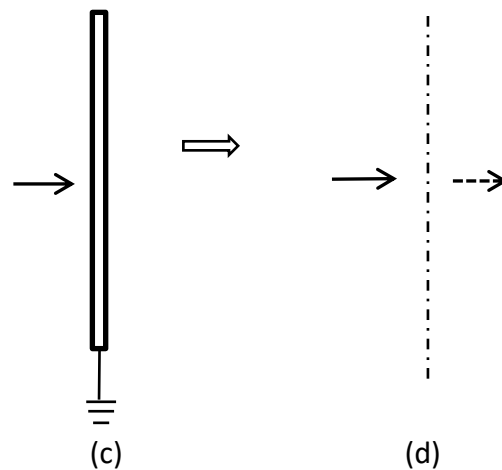
由于接地金属板是等势体，因而不会存在自由电流， $\vec{j}_f = 0$ ，但是自由电荷是可以存在的，只是不移动。于是在金属壁与空气交界面上，磁场切向和法向分量都是连续的，电场切向分量连续，法向可以突变。在良导体中，电场为0，磁场可以不为0（但是如果是电磁波的磁场，由于没有时变电场而为0；这里的磁场是电流元产生的，所以可以在导体中存在）；在理想导体（超导体）中，电场和磁场都是不存在的。所以，这里边界条件是，磁场连续，电场切向为0。



(a)中金属板左侧的电流元在金属板表面的切向电场应该为0。

(b)中虚线右侧的镜像电流元产生的电场与左侧电流元产生的电场切向在虚线处抵消，因而切向电场为0。

(a)(b)源相同边界条件相同，因而左侧场的解相同，因此(a)(b)等效。



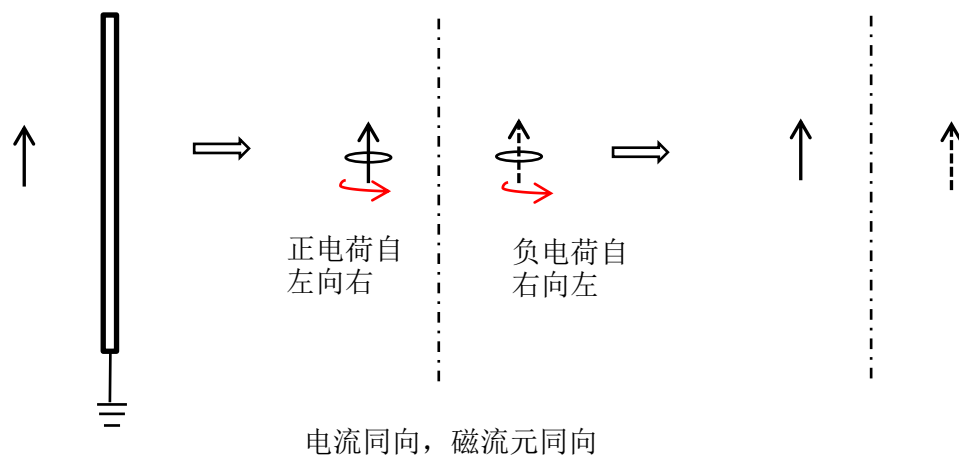
(c)中金属板左侧的电流元在金属板表面的切向磁场应该连续，电场切向为0。

(d)中虚线右侧的镜像电流元产生的磁场与左侧电流元磁场相同，且切向电场抵消为0

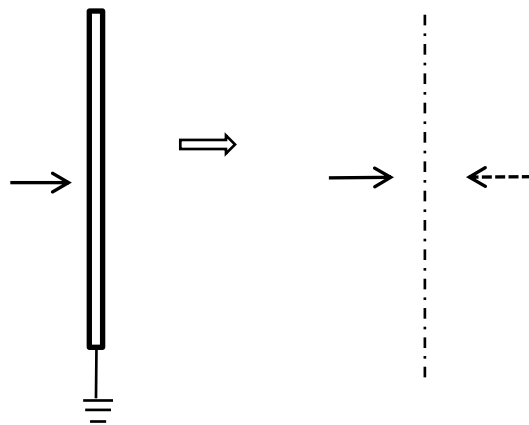
(c)(d)源相同边界条件相同，因而左侧场的解相同，因此(c)(d)等效。

磁流元镜像原理一

磁流源是环形的电流元，可以看成电荷做环形运动。

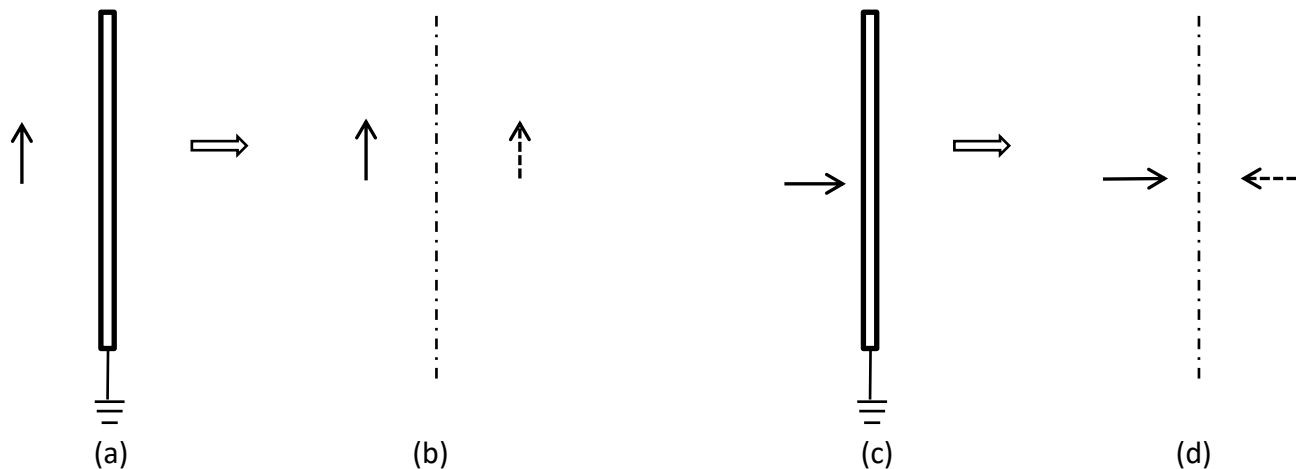


同理可得



磁流元镜像原理二

磁流元产生的电场是按照右手螺旋产生的环形电场，与电流元产生的磁场类似。



(a)中金属板左侧的磁流元在金属板表面的切向电场应该为0。

(b)中虚线右侧的镜像电磁流元产生的电场与左侧磁流元产生的电场切向在虚线处抵消，因而切向电场为0。

(a)(b)源相同边界条件相同，因而左侧场的解相同，因此(a)(b)等效。

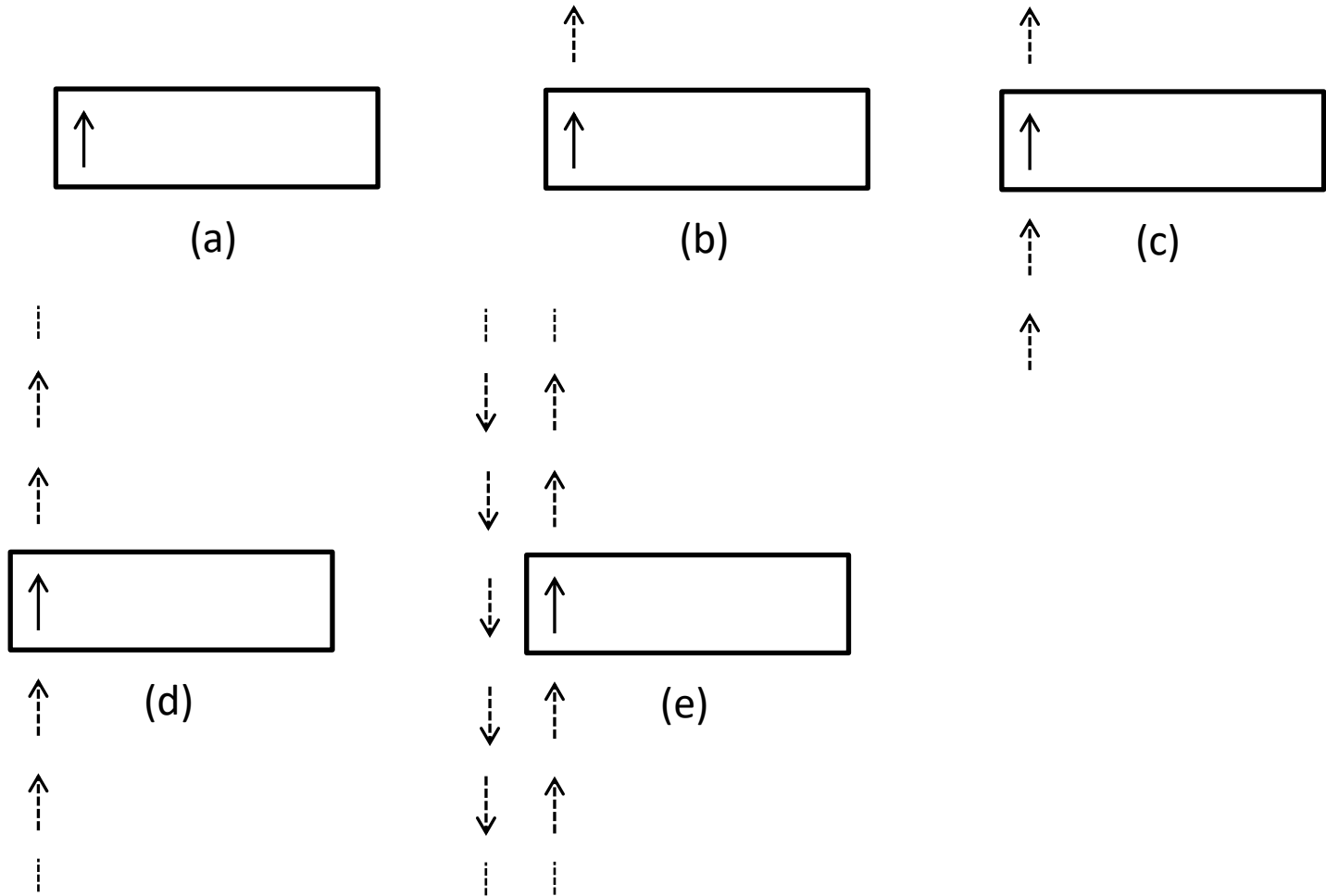
(c)中金属板左侧的磁流元在金属板表面的切向电场应该为0。

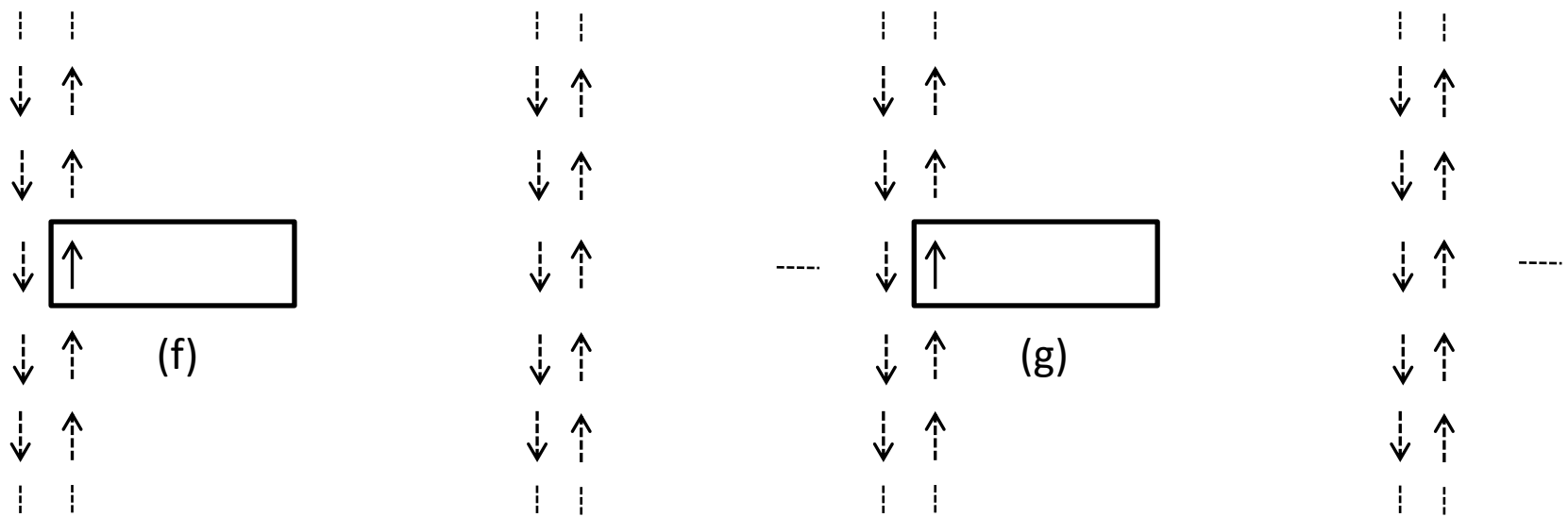
(d)中虚线右侧的镜像电磁流元产生的电场与左侧磁流元产生的电场切向在虚线处抵消，因而切向电场为0。

(c)(d)源相同边界条件相同，因而左侧场的解相同，因此(c)(d)等效。

1.根据镜像电流元原理，画出接地金属壁前的电流元或者磁流元的镜像

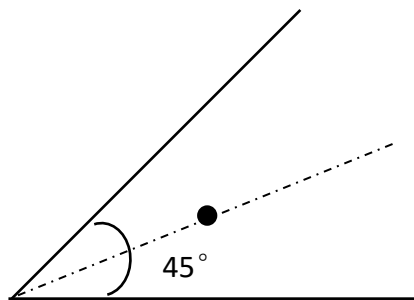
(a)接地金属管壁前的电流元



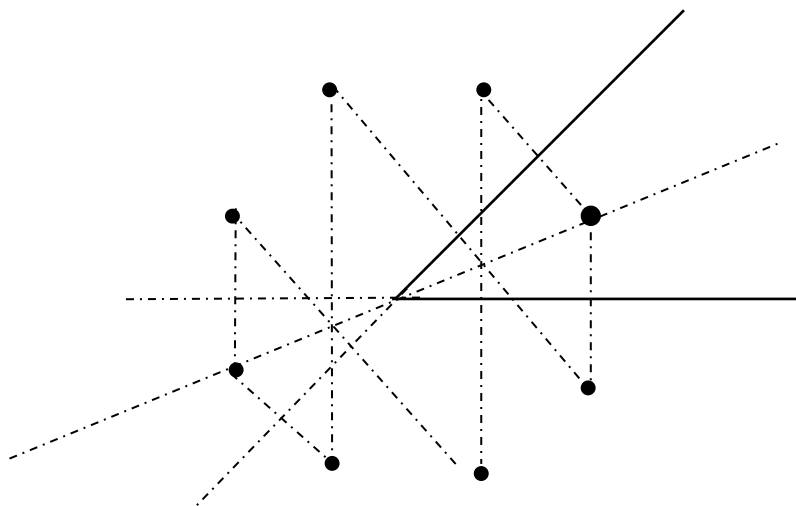


(a)到(g)代表分析过程，(g)是最后答案。注意，在镜像时，要将已有的虚像和源作为一个整体再次镜像。实际上，你可以把这里的电流元换成蜡烛，把四周金属壁换成镜子，它们的本质是一样的，都代表了金属壁对电磁场的反复反射与叠加。

(b)接地金属尖劈壁前的磁流元(为了方便这里角度规定为45度)



点的意思是垂直纸面向外，磁流元的镜像也应该是垂直纸面向外，同理可得

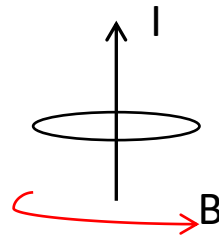
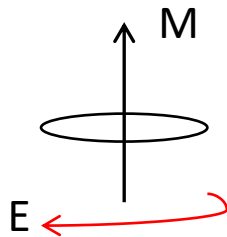


2. 磁流元的镜像原理。磁流元是电流元的对偶形式，

$$\nabla \times \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{j}_f \quad \rightarrow \quad \nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} + (-\vec{M})$$

(1) 比较电流元和磁流元所激发的场的特点。(2) 根据边界条件，画出接地金属壁前磁流元的镜像。

(1) 电流元激发螺旋的磁场，满足右手螺旋，磁流源激发的是螺旋的电场，满足左手螺旋，它们是对偶的。



(2)

