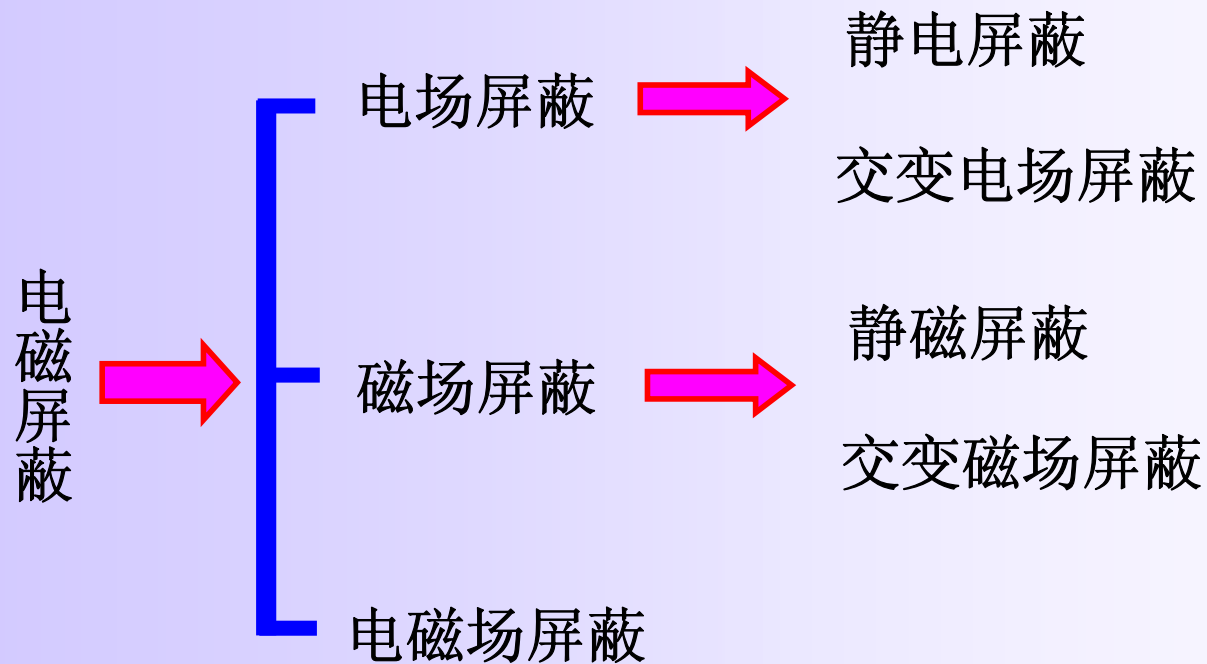


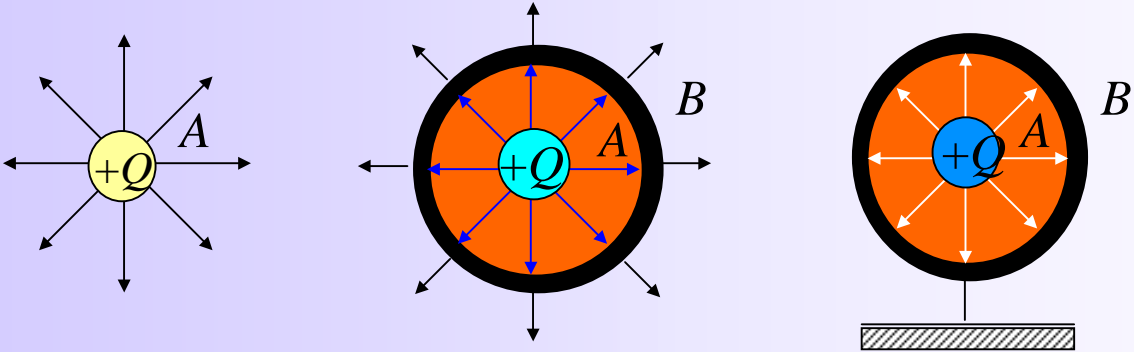
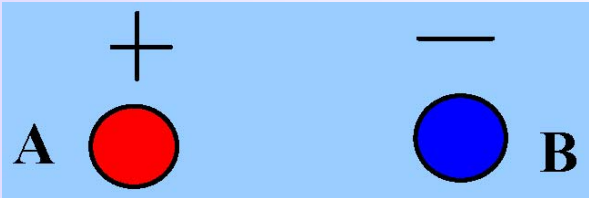
屏蔽技术

电磁屏蔽类型

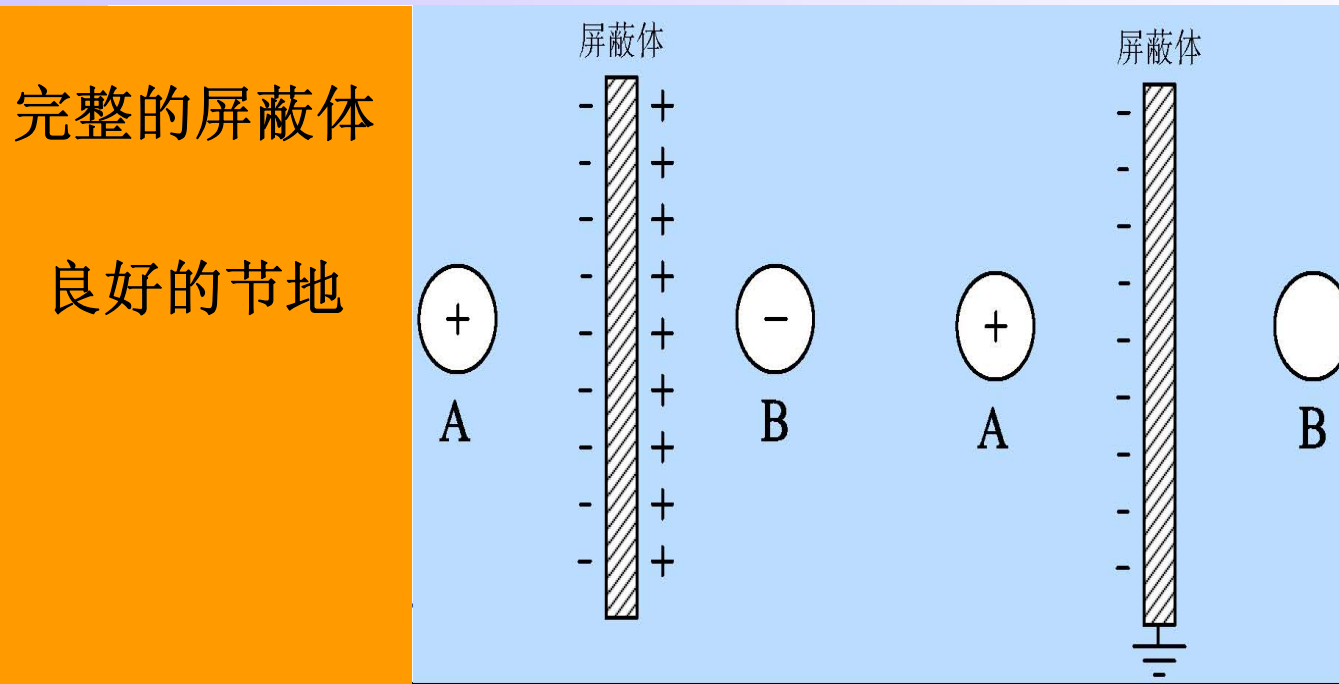


静电屏蔽

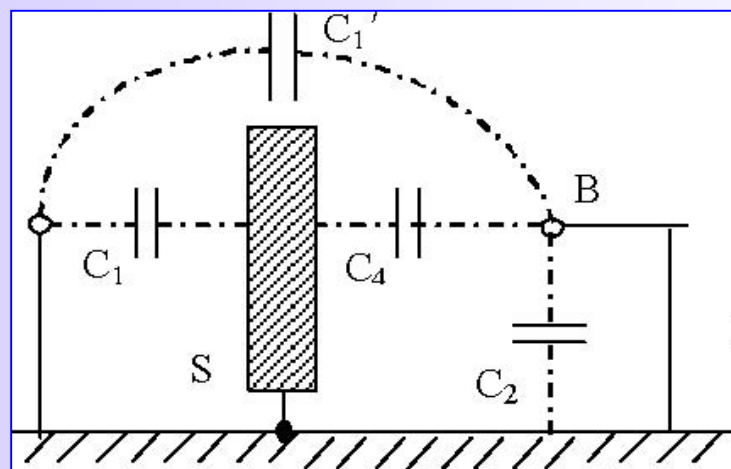
静电感应



电场屏蔽



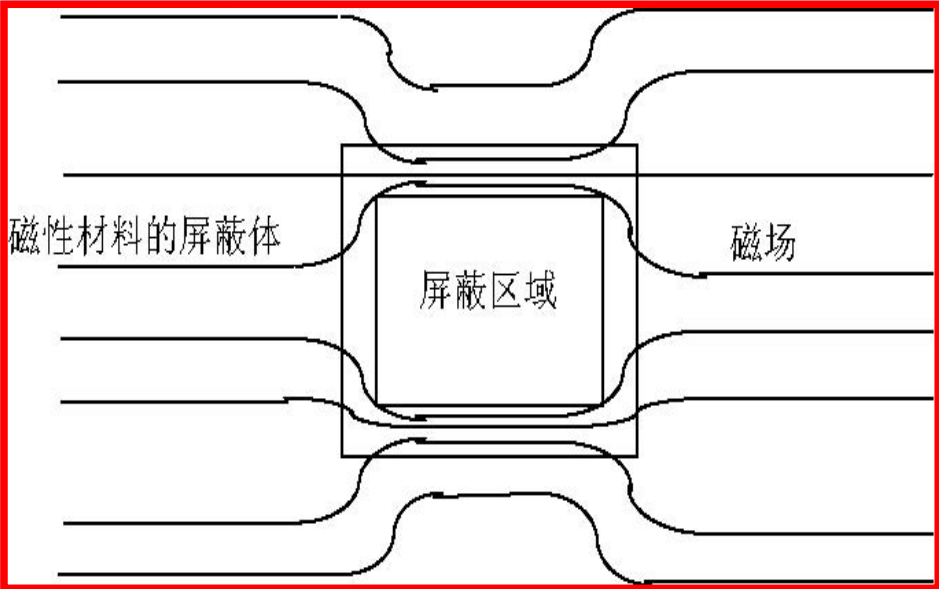
金属板对电场屏蔽作用的分析



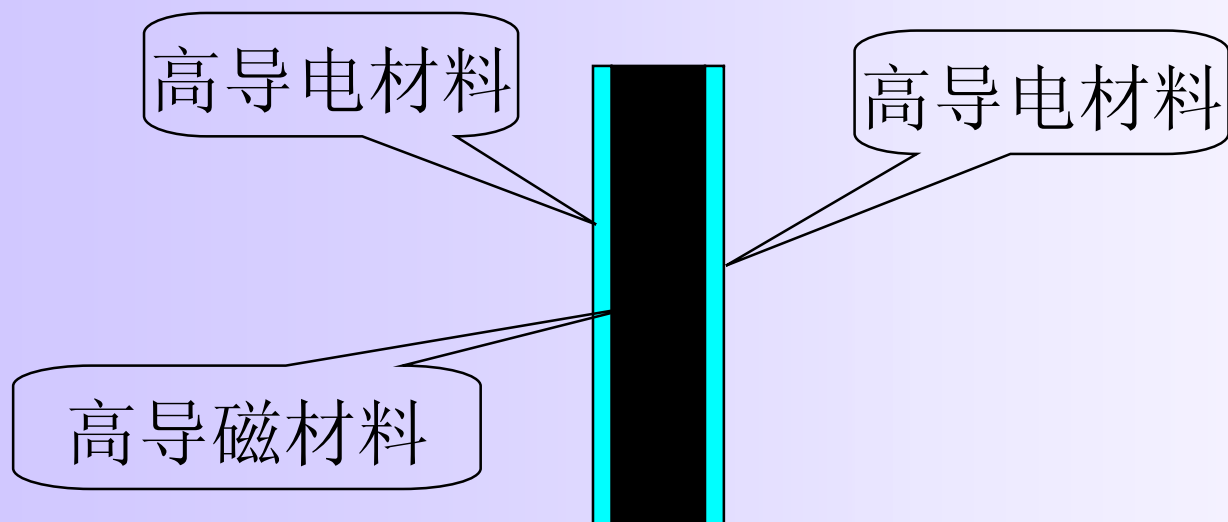
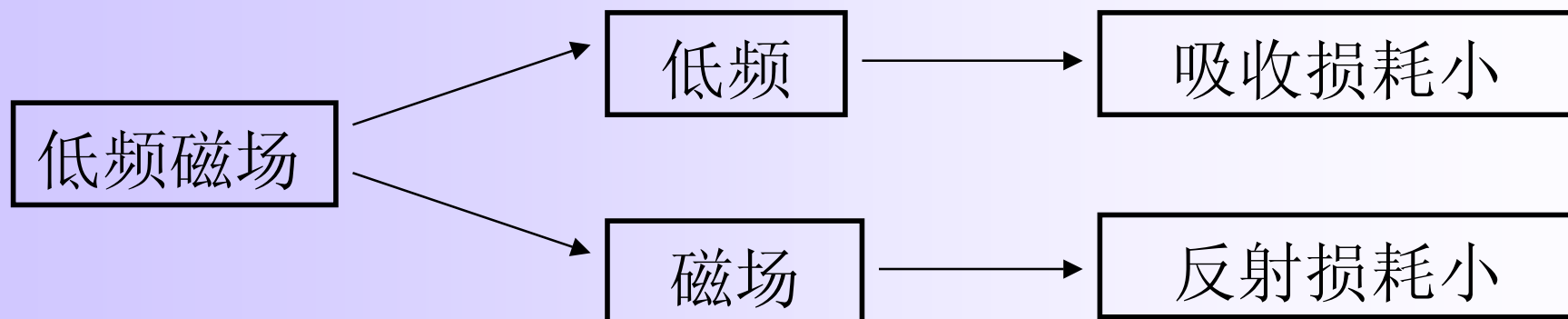
电场屏蔽设计要点

- 系统中的强电设备金属外壳（开关电源、电机）可靠接地，实现主动屏蔽；
- 敏感设备（如数控装置等）外壳应可靠接地，实现被动屏蔽；
- 强电设备与敏感设备之间距离尽可能远；
- 高电压、大电流动力线与信号线应分开走线，同时尽量避免平行走线，不能将强电线与信号线捆扎在一起；
- 信号线应尽量靠近地线（或接地平板）或者用地线包围；
- 屏蔽电缆既能对电场起到被动屏蔽作用，也能起到主动屏蔽作用，条件是屏蔽层接地；
- 强电线如不能与信号线分开走线，则强电线应采用屏蔽线，屏蔽层应可靠接地。

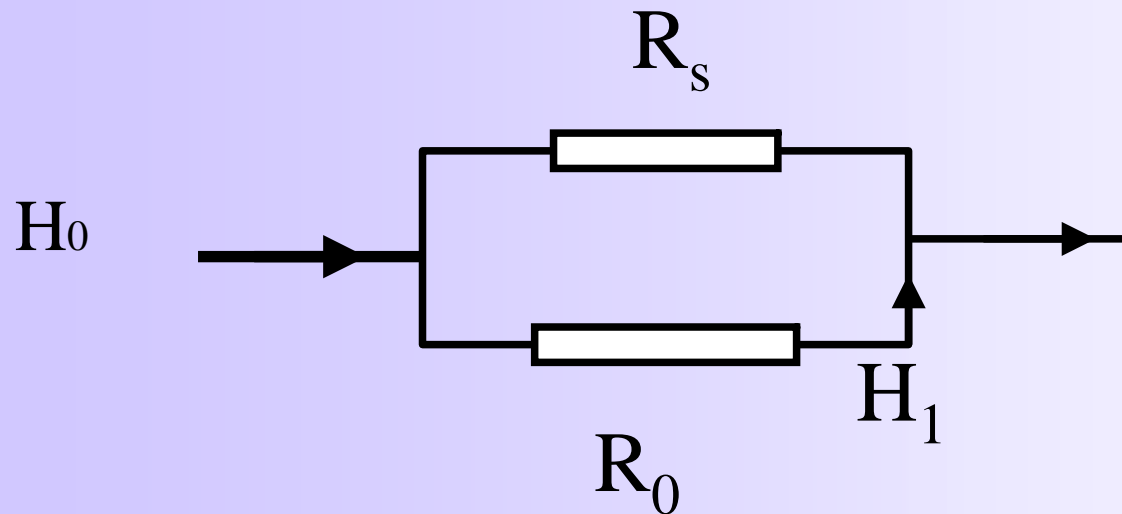
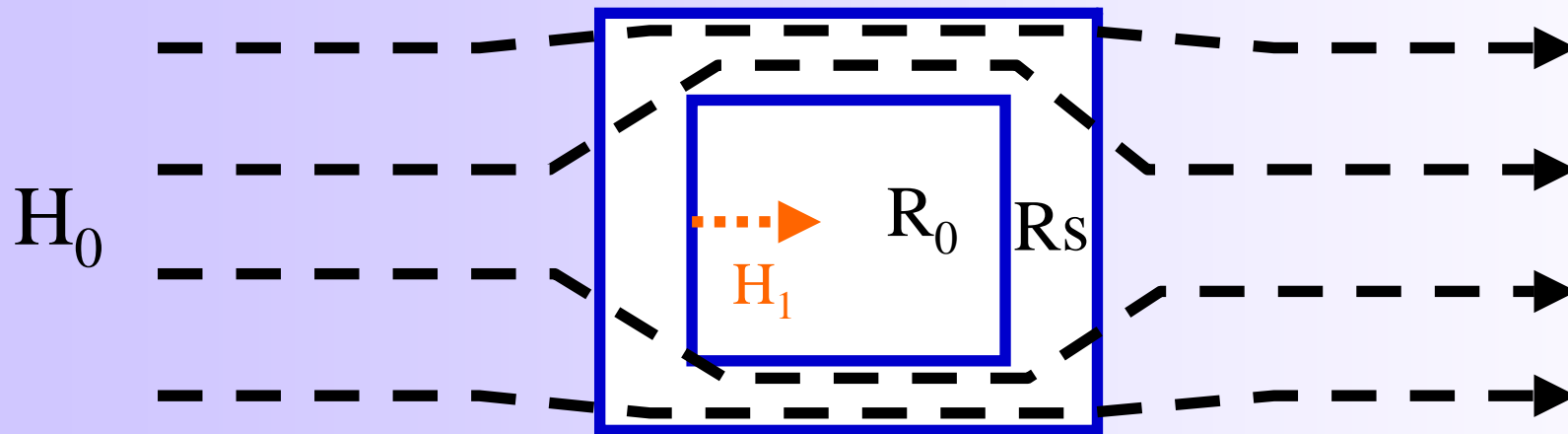
低频磁场屏蔽



怎样屏蔽低频磁场？

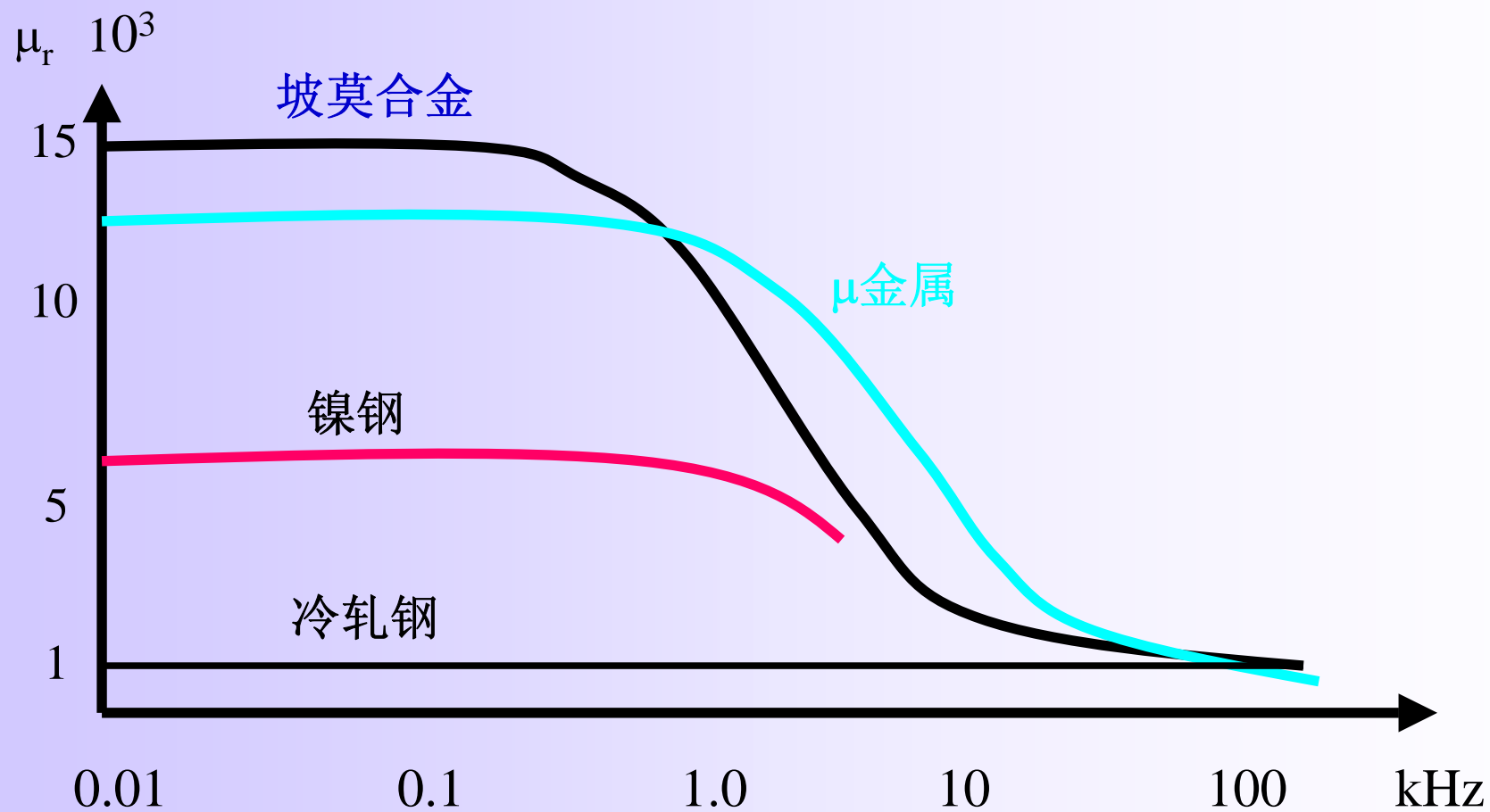


高导磁率材料的磁旁路效果

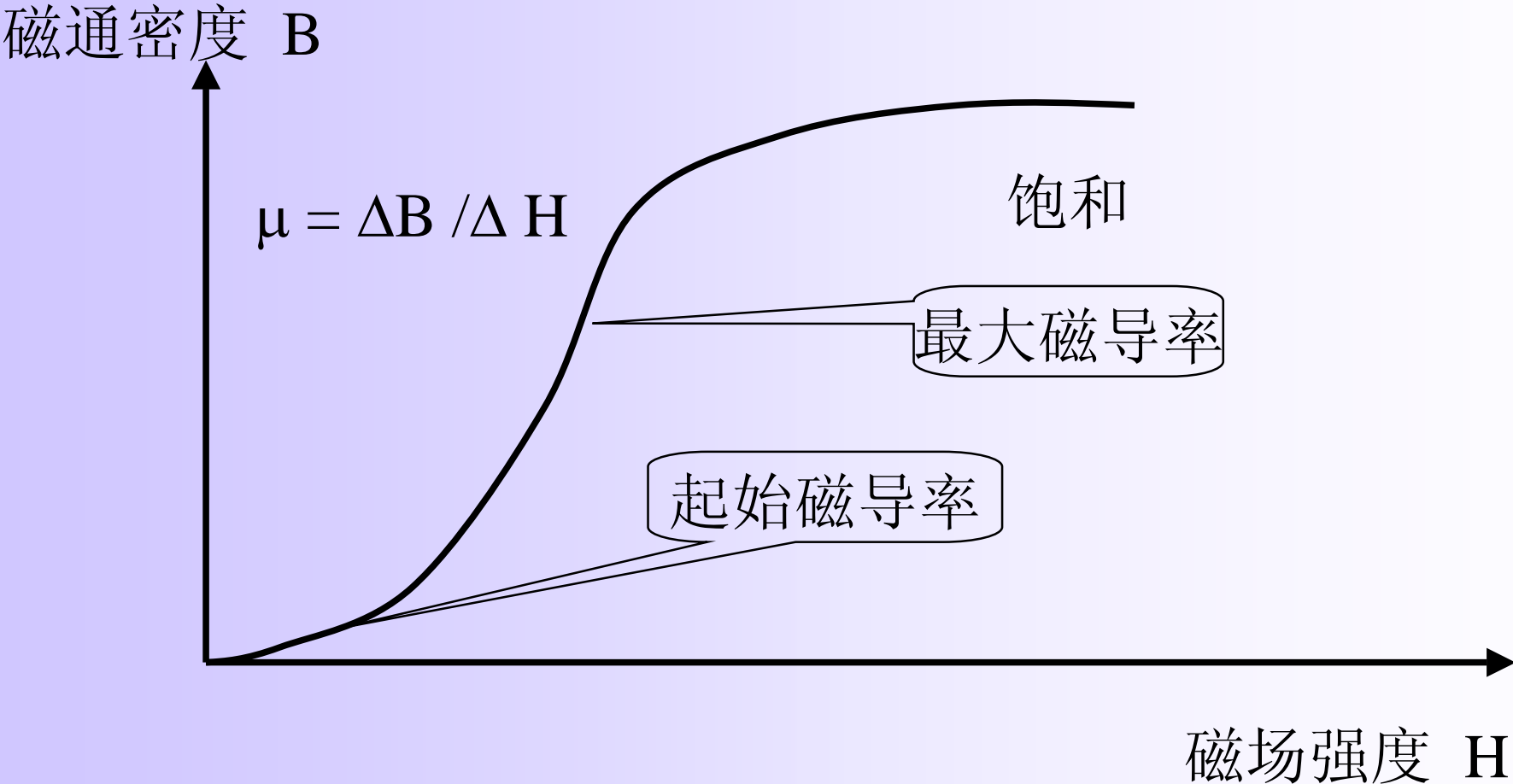


$$SE = 1 + R_0/R_s$$

磁屏蔽材料的频率特性



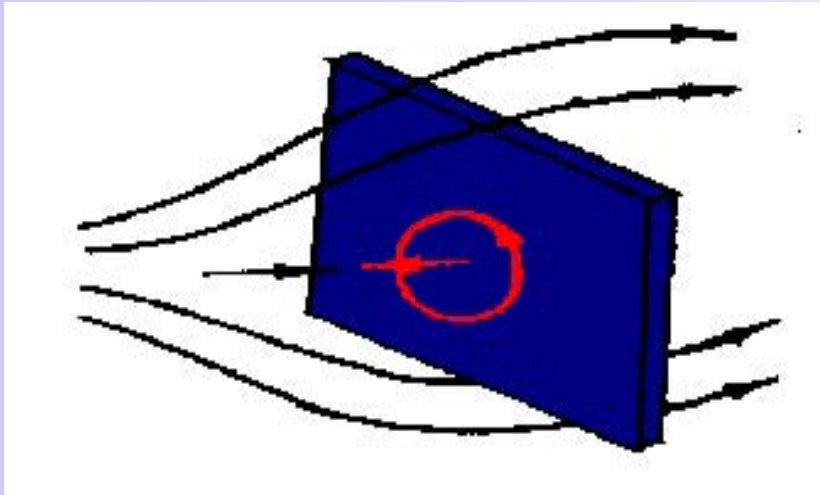
磁导率随场强的变化



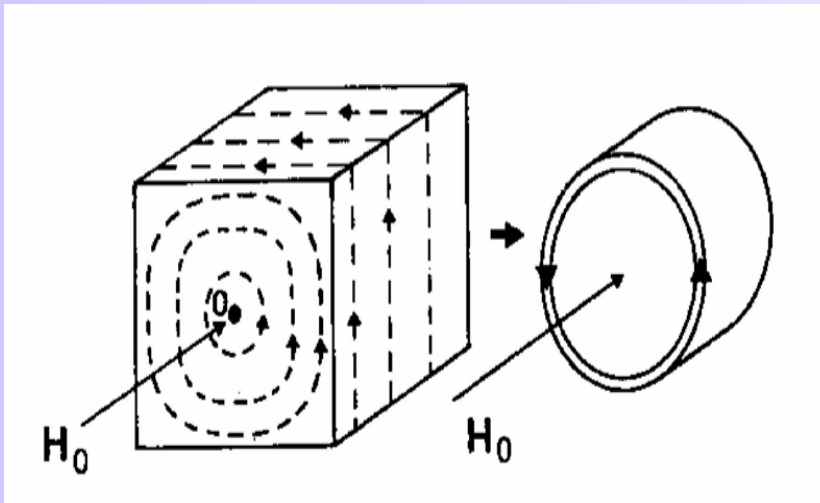
低频磁场屏蔽的设计要点

- 选用高导磁率的材料，并适当增加屏蔽体的壁厚；
- 被屏蔽的物体不要安排在紧靠屏蔽体的位置上，以尽量减少通过被屏蔽物体体内的磁通；
- 注意磁屏蔽体的结构设计，对于强磁场屏蔽可采用双层磁屏蔽体结构；
- 减少干扰源和敏感电路的环路面积。最好的办法是使用双绞线和屏蔽线，让信号线与接地线扭绞在一起，以便使信号与接地之间的距离最近；
- 增大线间的距离，使得干扰源与受感应的线路之间的互感尽可能地小；
- 使干扰源的线路与受感应线的线路呈直角（或接近直角）布线，这样可大大降低两线路间的磁场耦合；
- 敏感设备应远离干扰源（强电设备、变压器等）布置。

高频磁场

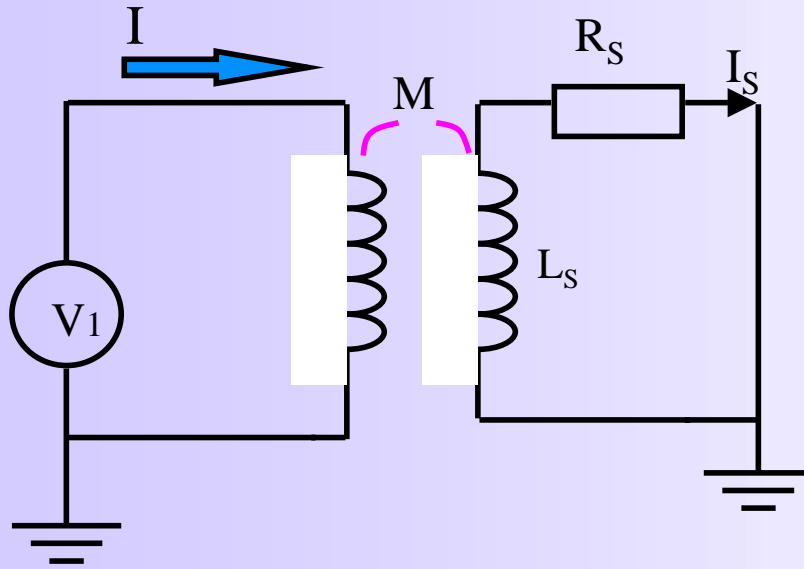


■ 高频磁场会在屏蔽壳体表面感生涡流，从而产生反磁场来抵消穿过屏蔽体的原来的磁场



■ 增强屏蔽体旁边的磁场，使磁力线绕行而过

屏蔽线圈等效电路

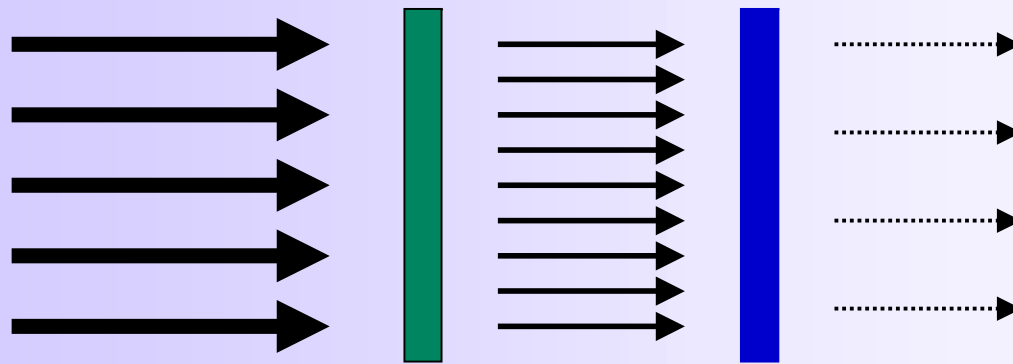


$$I_s = \frac{j\omega M}{R_s + j\omega L_s} I$$

强磁场的屏蔽

高导磁率材料：饱和

低导磁率材料：屏蔽不够



低导磁率材料

高导磁率材料

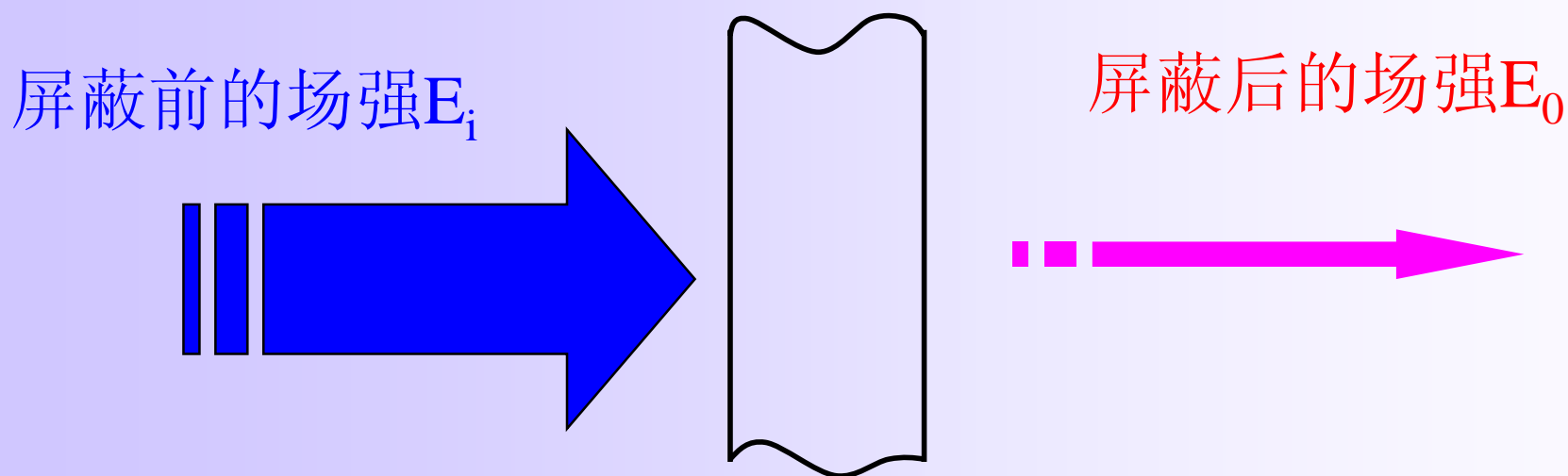
电磁屏蔽

- 当频率较高，或在离干扰源较远的地方(即远场条件)不论干扰源本身特性如何，均可看作平面波电磁场，此时电场和磁场都不可忽略，电磁干扰均是电场和磁场同时存在的高频辐射电磁场
- 存在两种特殊情况，可以分别按电场屏蔽和磁场屏蔽来考虑：
 - 对于高电压、小电流的干扰源，近场以电场为主，其磁场分量可以忽略
 - 对于低电压、大电流的干扰源，近场以磁场为主，其电场分量可以忽略

电磁屏蔽

- 高频电磁屏蔽的原理主要依据电磁波到达金属屏蔽体时产生的反射及吸收作用
- 波阻抗相差愈大，由反射引起的损耗也愈大；而反射和频率有关，频率愈低，反射愈严重
- 电磁波在穿透屏蔽体时的能量吸收损耗主要是由于涡流引起的。涡流的作用：
 - 产生反磁场来抵消原干扰磁场
 - 产生热损耗，因此，频率越高，屏蔽体越厚，涡流损耗也越大

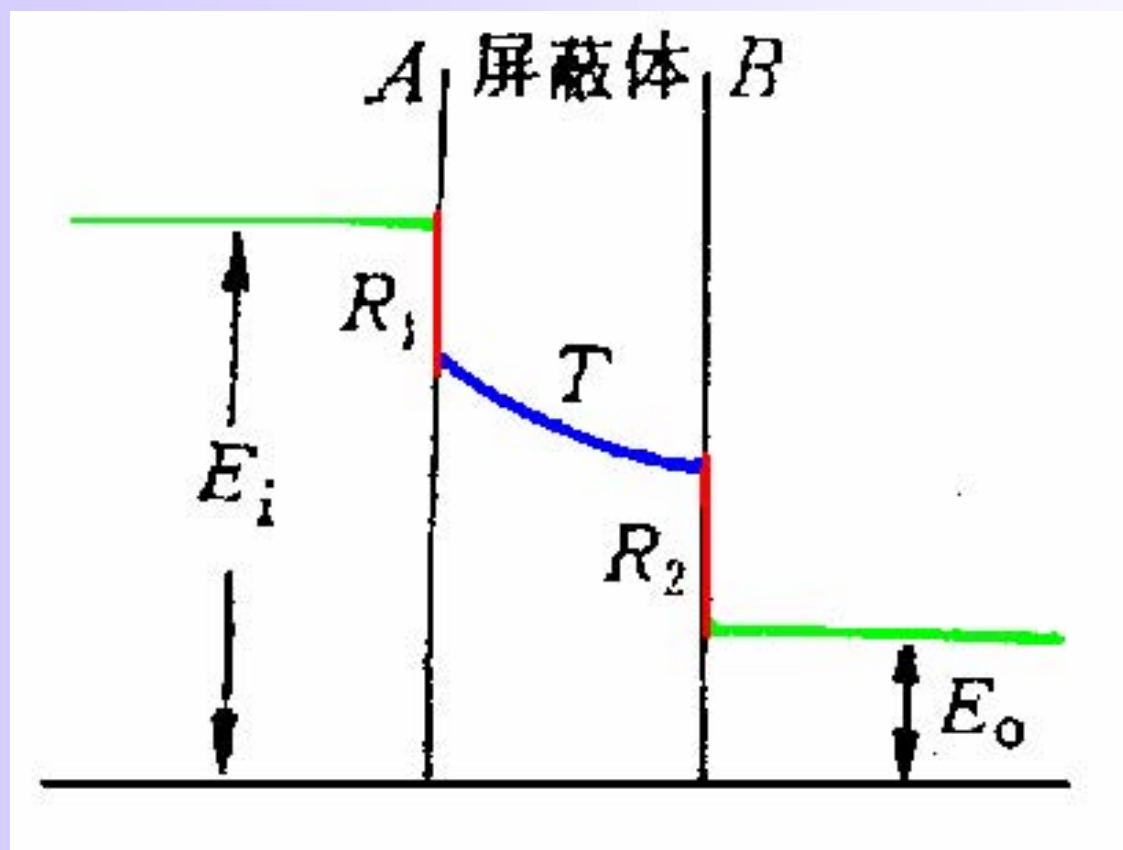
电磁屏蔽



对电磁波产生衰减的作用就是电磁屏蔽，
电磁屏蔽作用的大小用屏蔽效能度量：

$$SE = 20 \lg (E_i / E_0) \quad \text{dB}$$

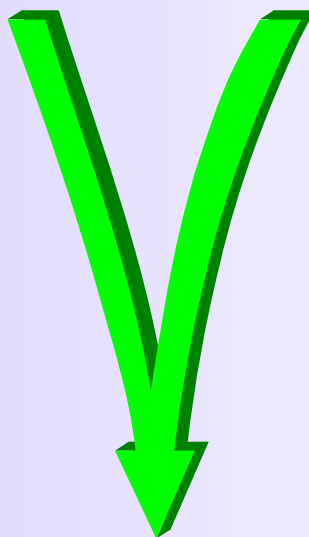
电磁屏蔽



良好电磁屏蔽的关键因素

屏蔽体
导电连续

没有穿过屏
蔽体的导体

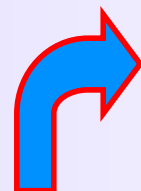


不要忘记：
选择适当的屏蔽材料

你知道吗：
与屏蔽体接地与否无关

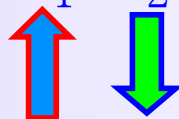
屏蔽效能高的屏蔽体

屏蔽效能



屏蔽前电场或磁场强度

-电场屏蔽效应为： $S_E=20\lg E_1/E_2$

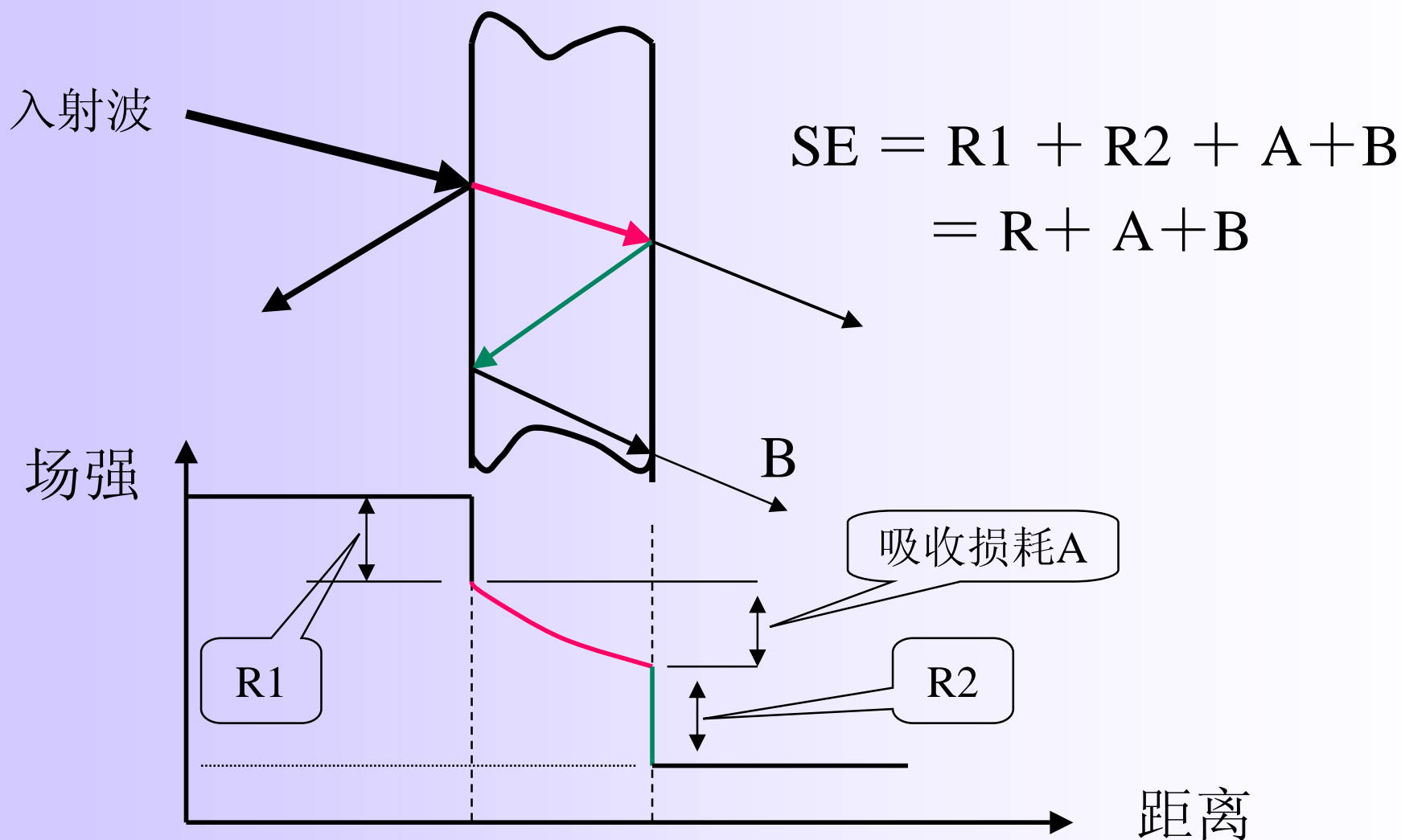


-磁场屏蔽效应为： $S_H=20\lg H_1/H_2$

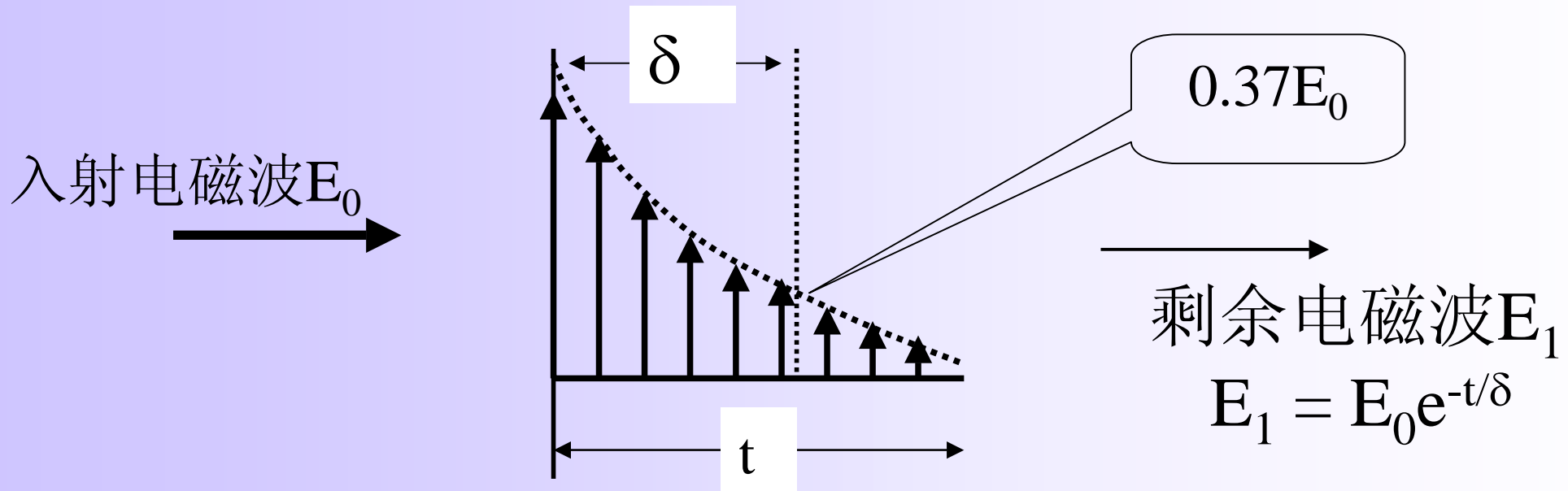


屏蔽后电场或磁场强度

实心材料屏蔽效能的计算



吸收损耗的计算



$$A = 20 \lg (E_0 / E_1) = 20 \lg (e^{t/\delta}) \quad \text{dB}$$

$$A = 8.69 (t / \delta) \quad \text{dB}$$

$$A = 3.34 t \sqrt{f \mu_r \sigma_r} \quad \text{dB}$$

反射损耗

$$R = 20 \lg \frac{Z_w}{4 Z_s}$$

远场: 377Ω

近场: 取决于源的阻抗

$$Z_s = 3.68 \times 10^{-7} \sqrt{f \mu_r / \sigma_r}$$

同一种材料的阻抗随频率变

反射损耗与波阻抗有关，波阻抗越高，则反射损耗越大。

不同电磁波的反射损耗

$$\begin{array}{l} \text{远场:} \\ \text{电场:} \\ \text{磁场:} \end{array} \quad R = 20 \lg \frac{377}{4 Z_s} \\ R = 20 \lg \frac{4500}{D f Z_s} \\ R = 20 \lg \frac{2 D f}{Z_s}$$

} dB

Z_s = 屏蔽体阻抗, D = 屏蔽体到源的距离 (m)

f = 电磁波的频率 (MHz)

多次反射修正因子的计算

电磁波在屏蔽体内多次反射，会引起附加的电磁泄漏，因此要对前面的计算进行修正。

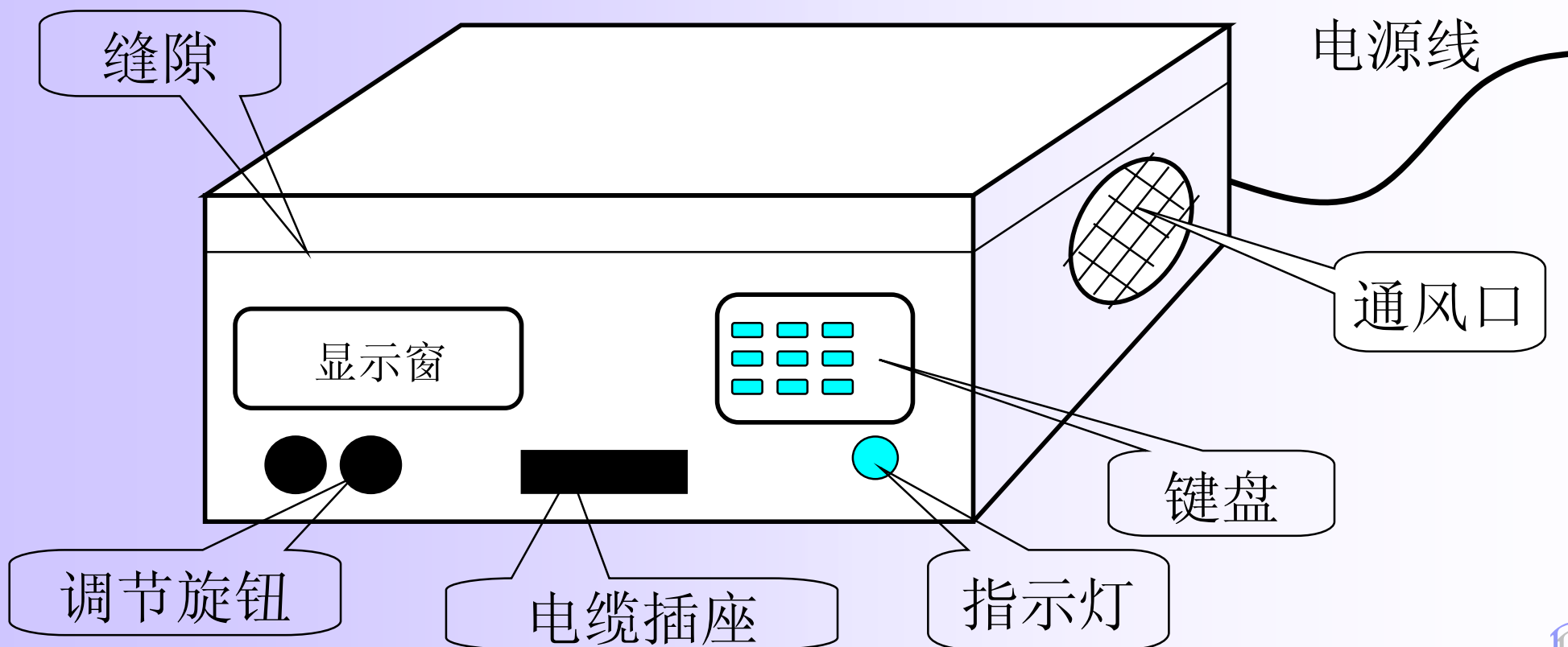
$$B = 20 \lg (1 - e^{-2t/\delta})$$

说明：

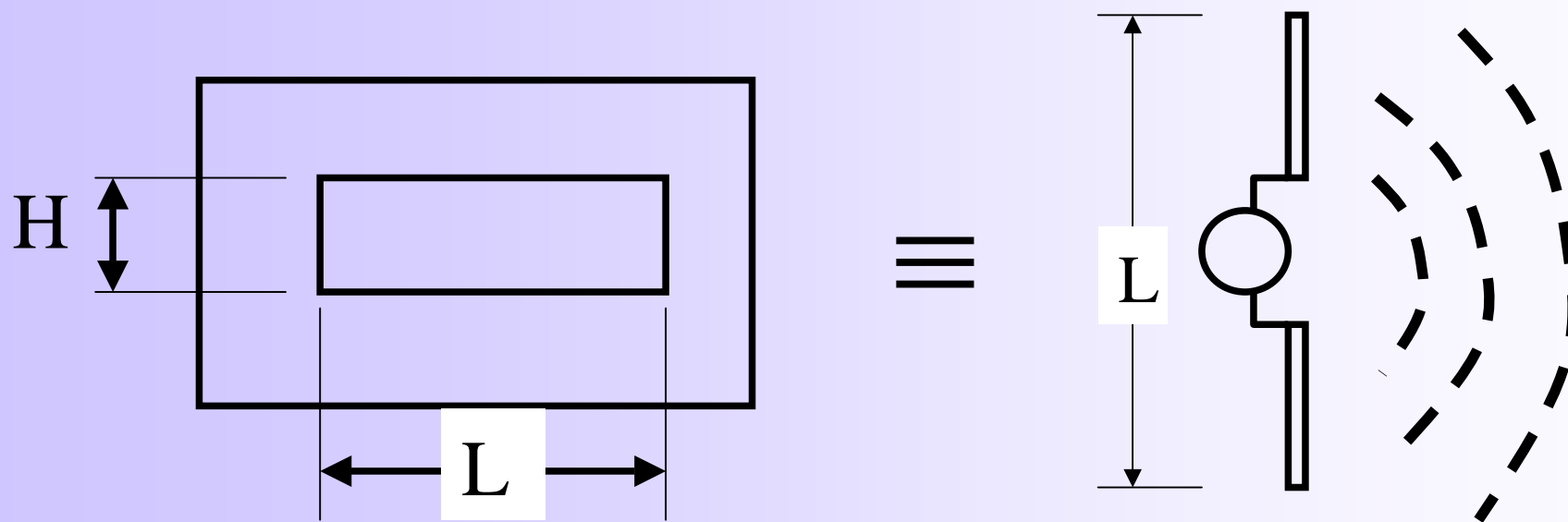
- **B**为负值，其作用是减小屏蔽效能
- 当趋肤深度与屏蔽体的厚度相当时，可以忽略
- 对于电场波，可以忽略

实际屏蔽体的问题

实际机箱上有许多泄漏源：不同部分结合处的缝隙、通风口、显示窗、按键、指示灯、电缆线、电源线等



远场区孔洞的屏蔽效能



$$SE = 100 - 20\lg L - 20\lg f + 20\lg (1 + 2.31\lg(L/H))$$
$$= 0 \text{ dB} \quad \text{若 } L \geq \lambda / 2$$

孔洞在近场区的屏蔽效能

若 $Z_C > (7.9/Df)$: (说明是电场源)

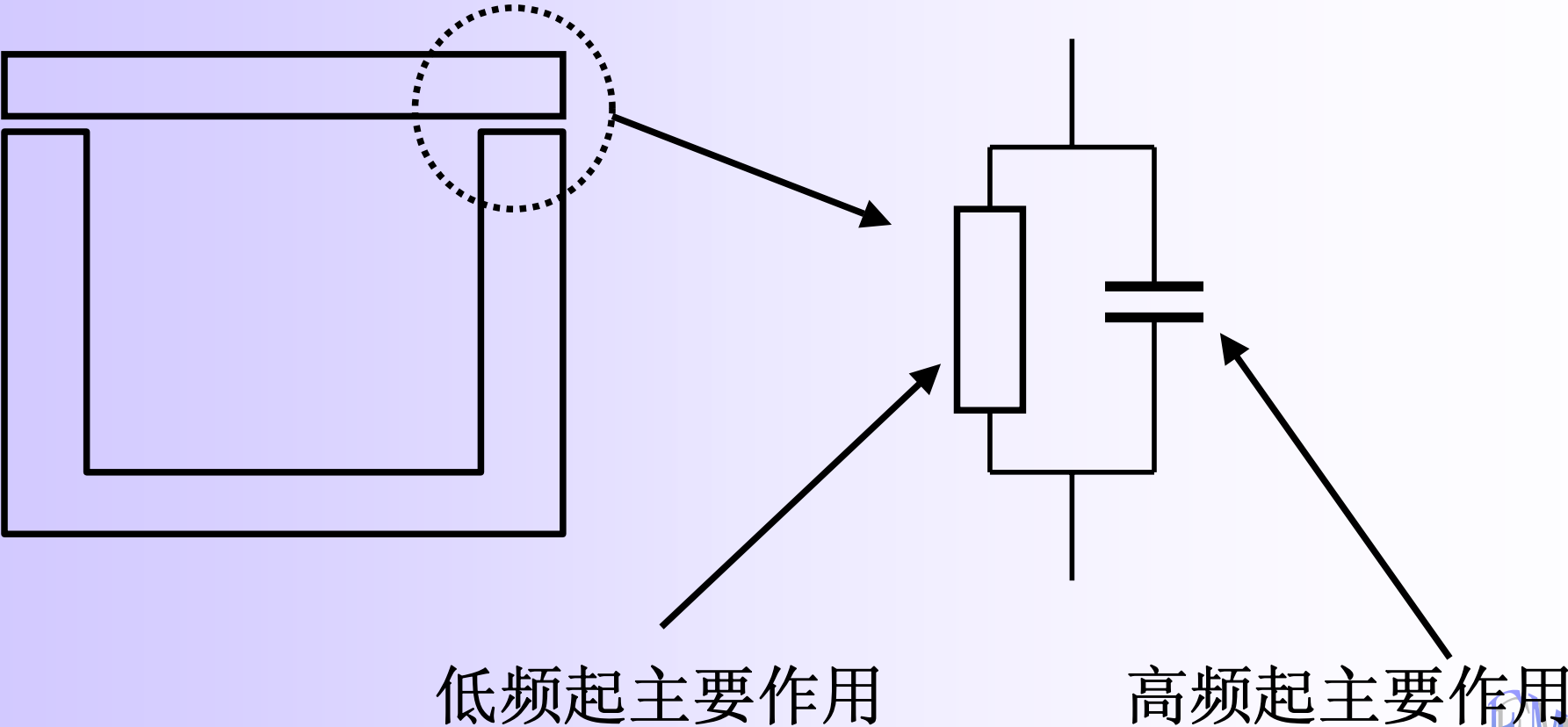
$$SE = 48 + 20\lg Z_C - 20\lg L f \\ + 20\lg (1 + 2.31\lg (L/H))$$

若 $Z_C < (7.9/Df)$: (说明是磁场源)

$$SE = 20\lg (\pi D/L) + 20\lg (1 + 2.31\lg (L/H))$$

(注意: 对于磁场源, 屏效与频率无关!)

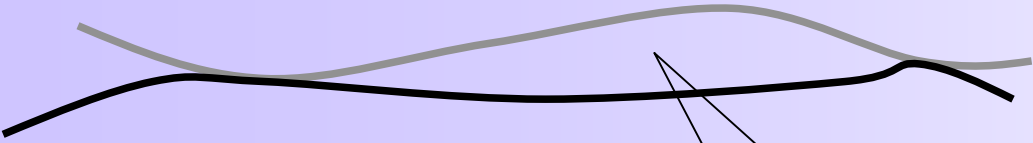
縫隙的泄漏



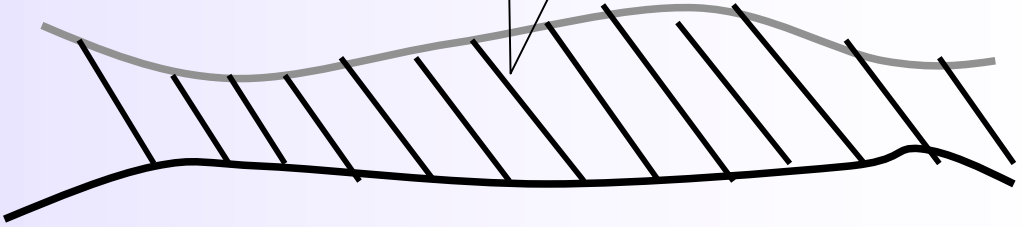
縫隙的处理



电磁密封衬垫



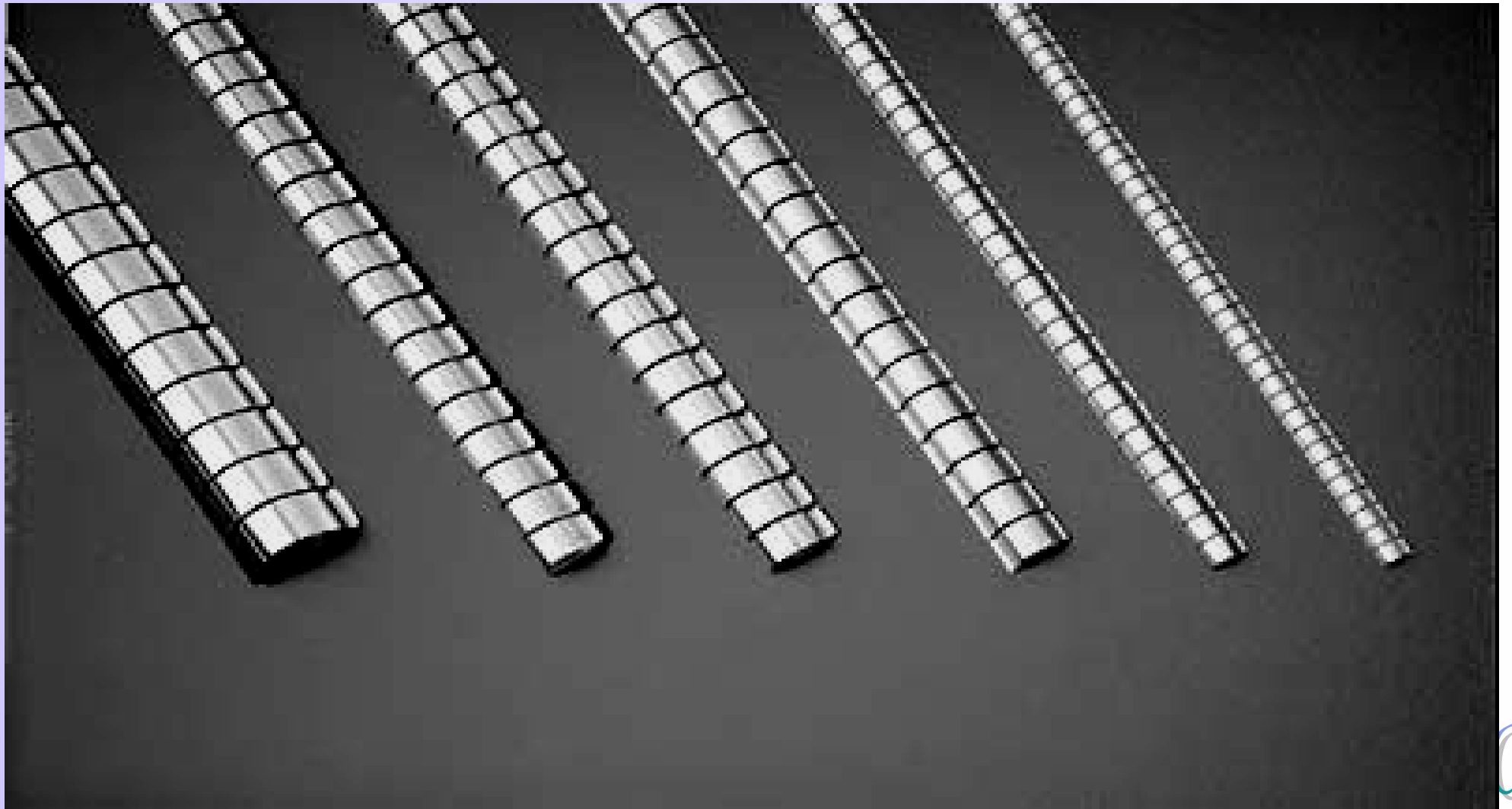
縫隙



电磁密封衬垫的种类

- 金属丝网衬垫(带橡胶芯的和空心的)
- 导电橡胶(不同导电填充物的)
- 指形簧片(不同表面涂覆层的)
- 螺旋管衬垫(不锈钢的和镀锡铍铜的)
- 导电布

指形簧片



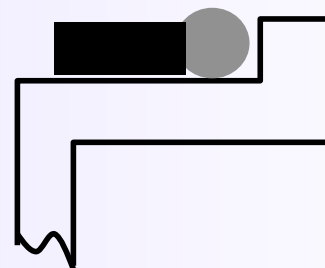
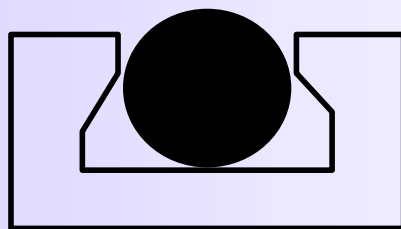
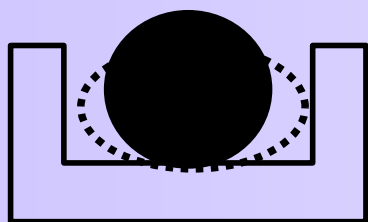
螺旋管电磁密封衬垫



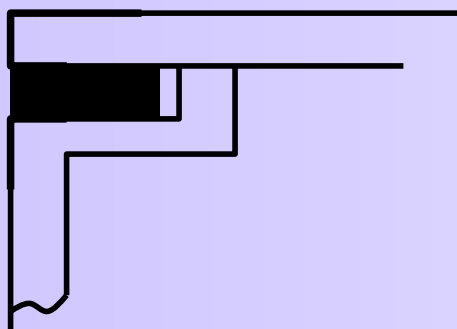
电磁密封衬垫的主要参数

- 屏蔽效能（关系到总体屏蔽效能）
- 回弹力（关系到盖板的刚度和螺钉间距）
- 最小密封压力（关系到最小压缩量）
- 最大形变量（关系到最大压缩量）
- 压缩永久形变（关系到允许盖板开关次数）
- 电化学相容性（关系到屏蔽效能的稳定性）

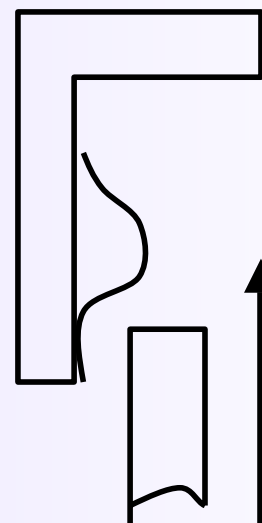
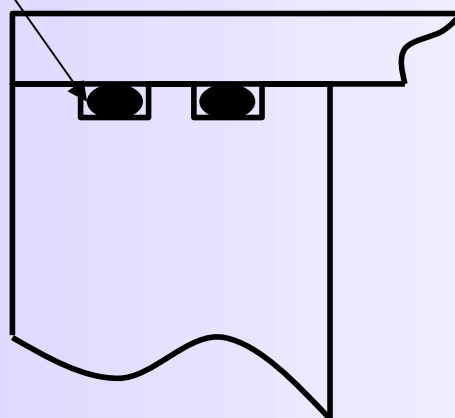
电磁密封衬垫的安装方法



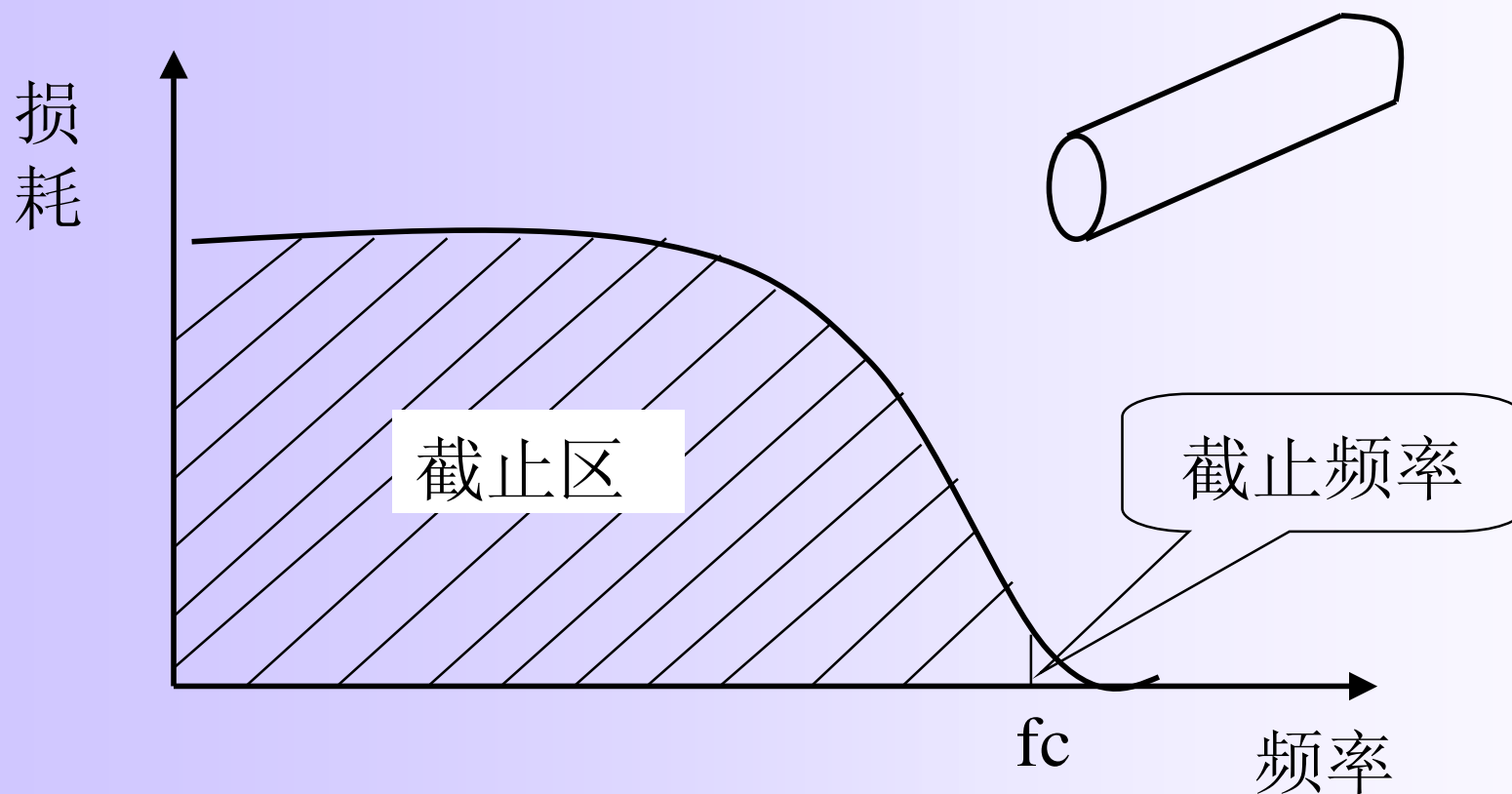
绝缘漆



环境密封

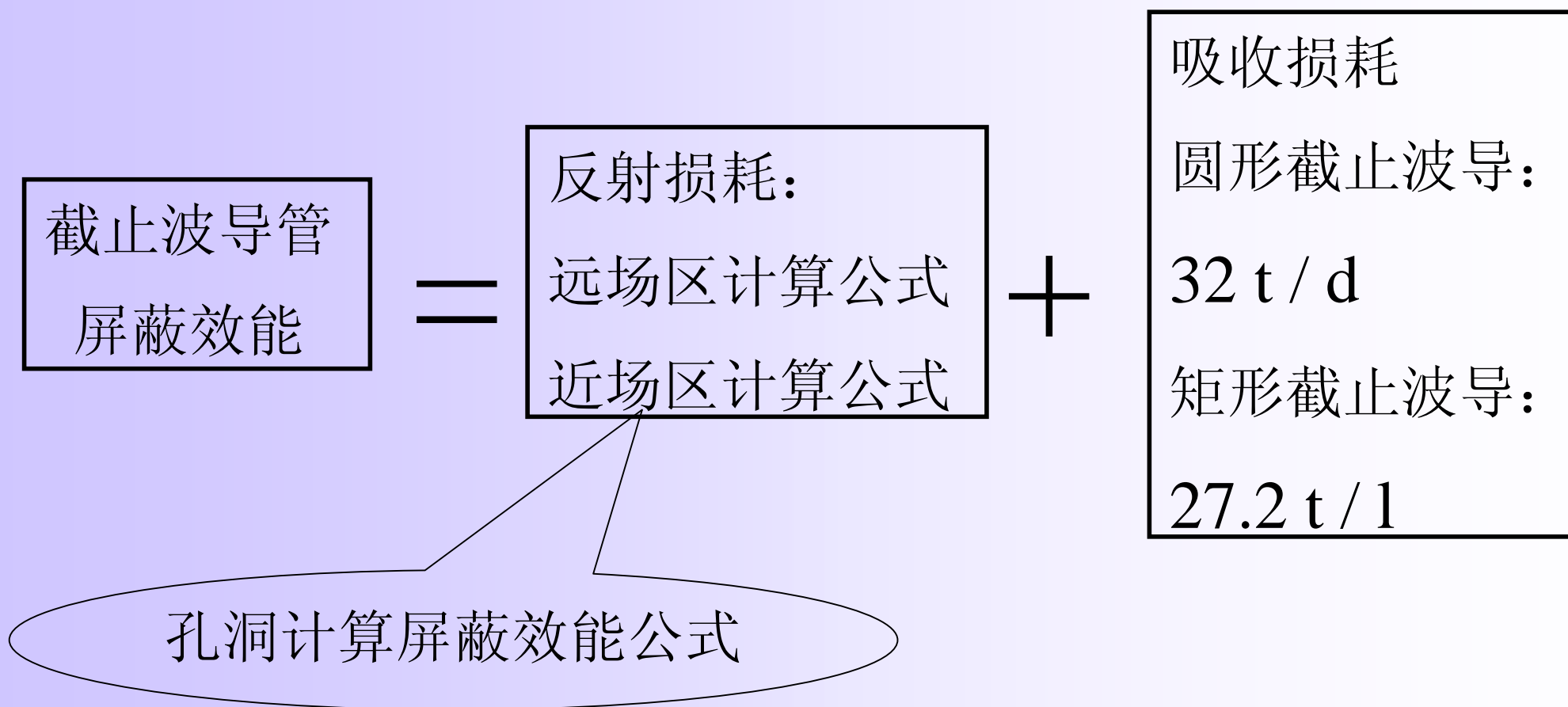


截止波导管

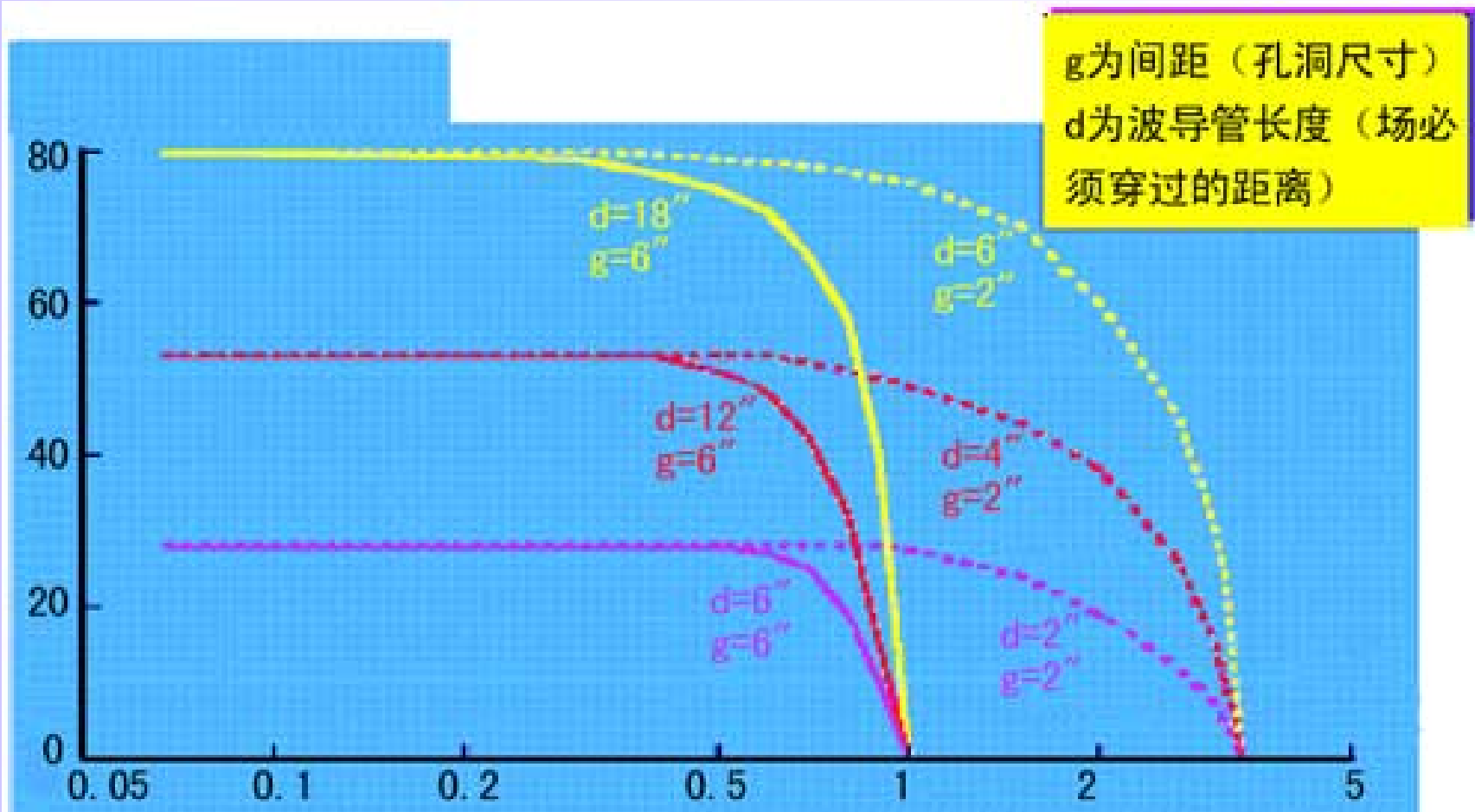


频率高的电磁波能通过波导管，频率低的电磁波损耗很大！工作在截止区的波导管叫截止波导。

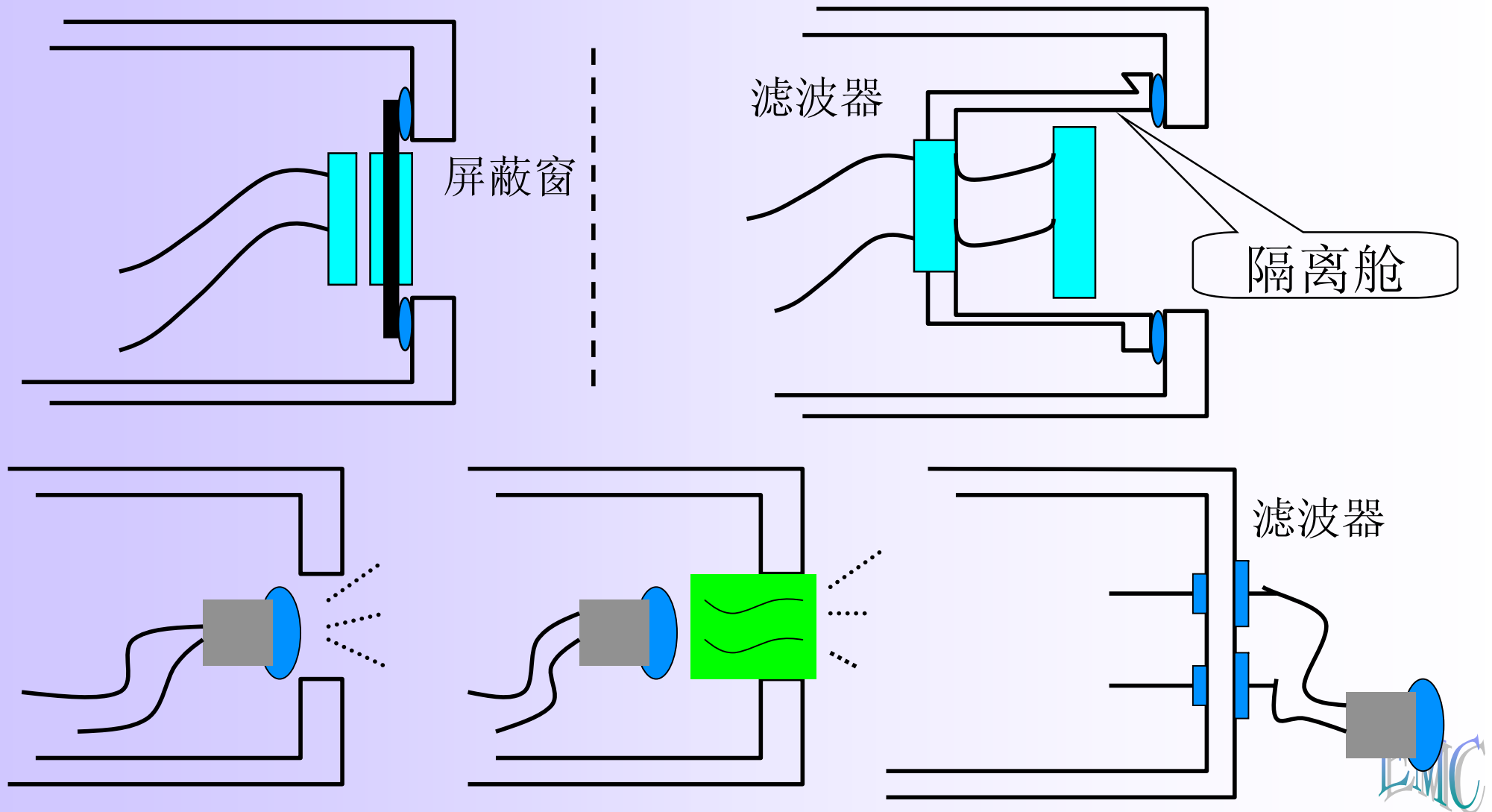
截止波导的屏蔽效能



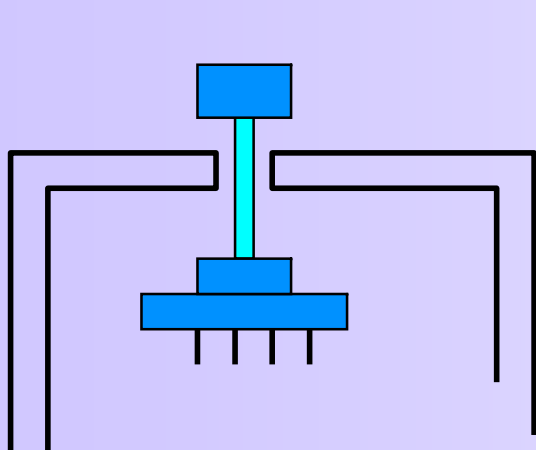
截止波导管的损耗



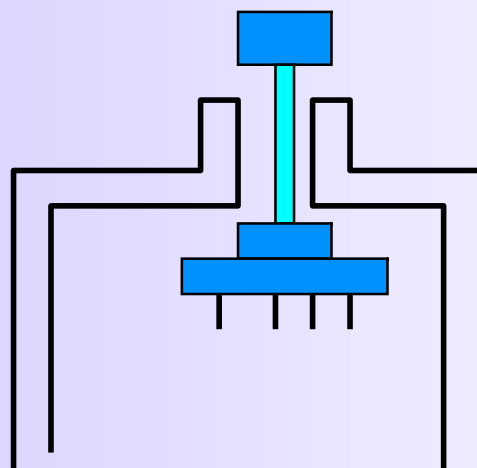
显示窗/器件的处理



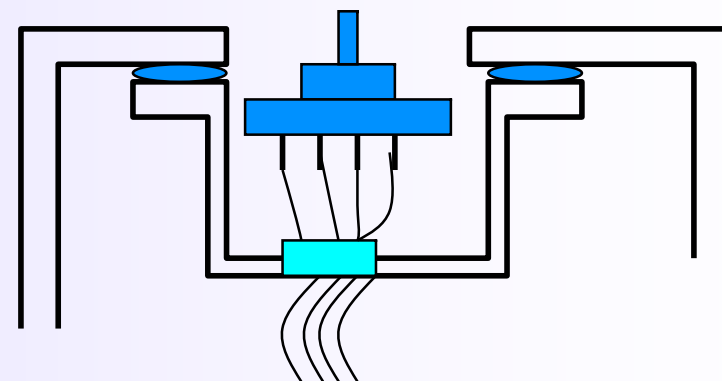
操作器件的处理



屏蔽体上
开小孔

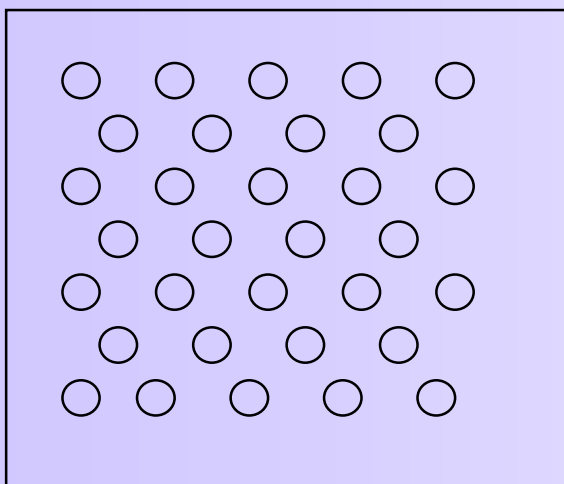


屏蔽体上
裁上截止
波导管

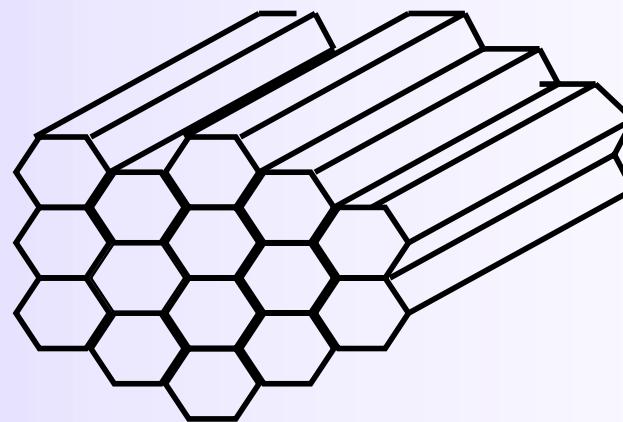


用隔离舱
将操作器
件隔离出

通风口的处理

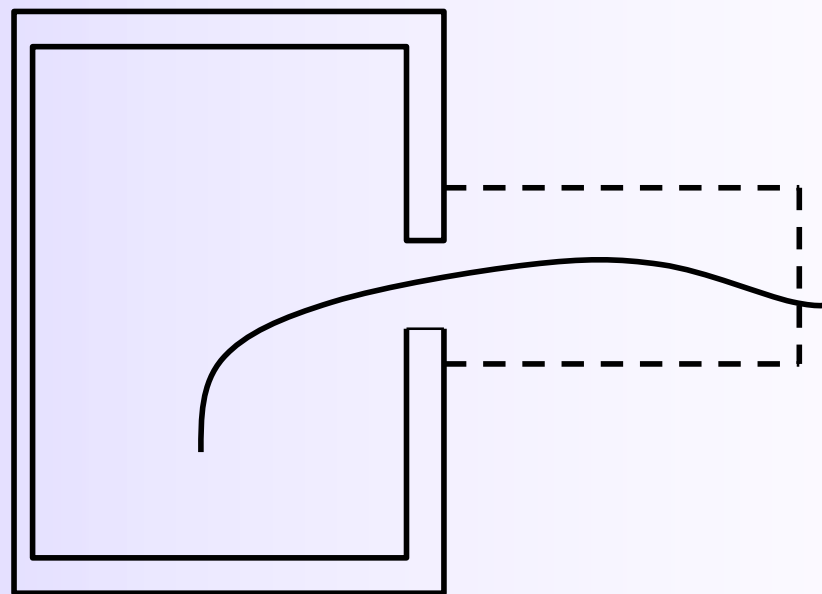
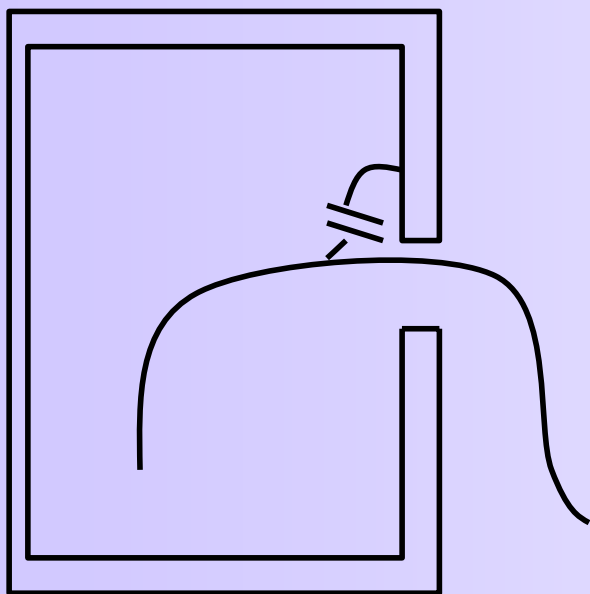


穿孔金属板



截止波导通风板

贯通导体的处理



屏蔽电缆穿过屏蔽机箱的方法

