

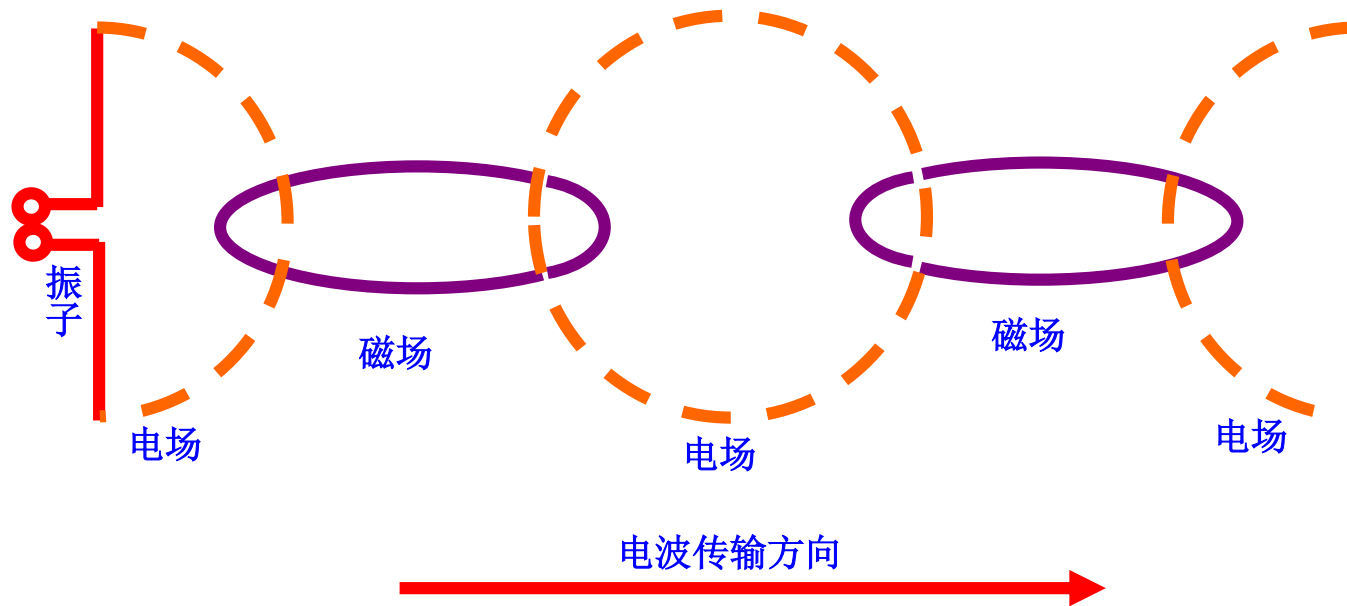
可能是全宇宙最通俗易懂的通信课

移动通信基础4-天线原理

By @捻叶成剑

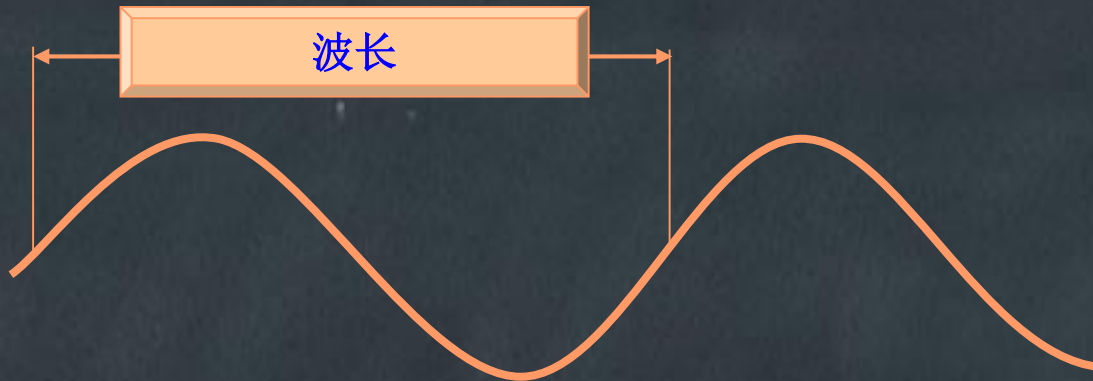
无线电波和超短波的基本知识

电磁波的传播



无线电波和超短波的基本知识

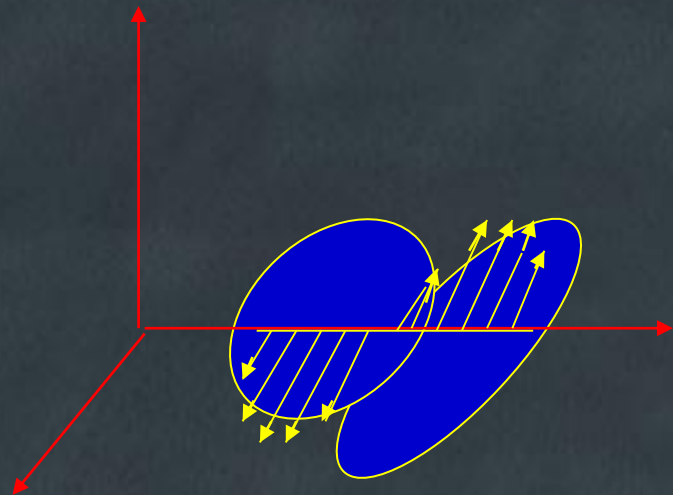
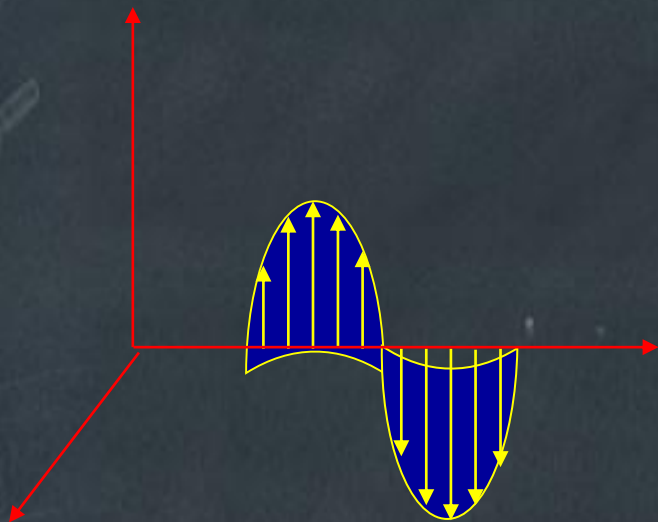
- 无线电波的波长、频率和传播速度的关系：
 - 可用式 $\lambda = V / f$ 表示。在公式中， V 为速度，单位为米/秒； f 为频率，单位为赫芝； λ 为波长，单位为米。由上述关系式不难看出，同一频率的无线电波在不同的媒质中传播时，速度是不同的，因此波长也不一样。



无线电波和超短波的基本知识

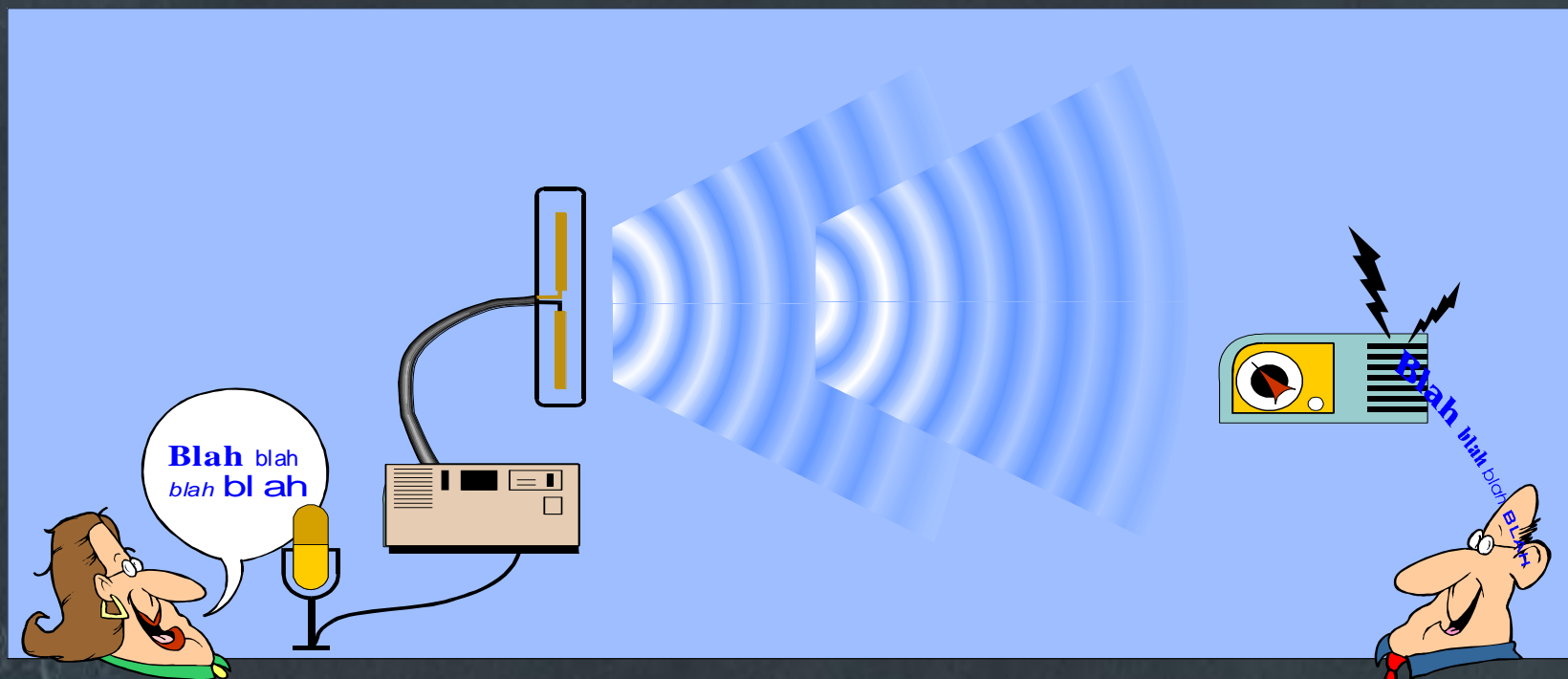
- 无线电波的极化

- 无线电波在空间传播时，其电场方向是按一定的规律而变化的，这种现象称为无线电波的极化。



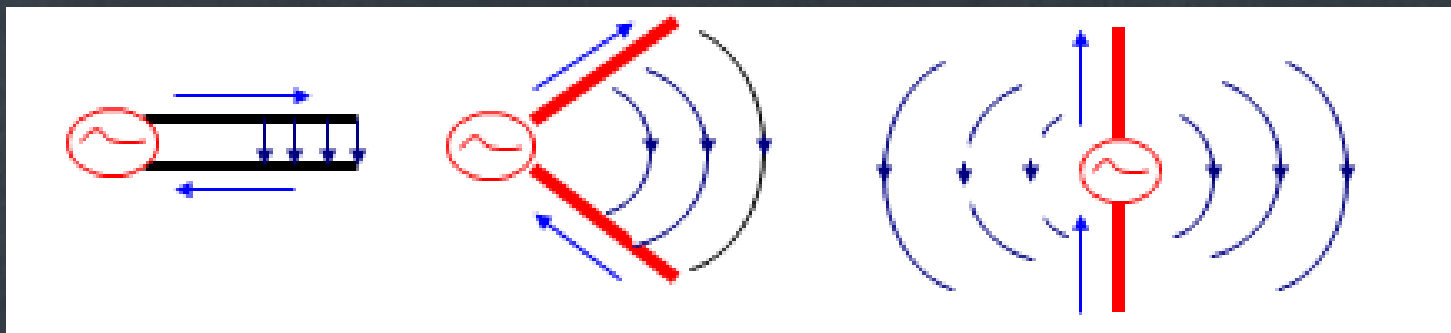
- 什么是天线？

- 把从导线上传下来的电信号做为无线电波发射到空间.....
- 收集无线电波并产生电信号



天线辐射电磁波的基本原理

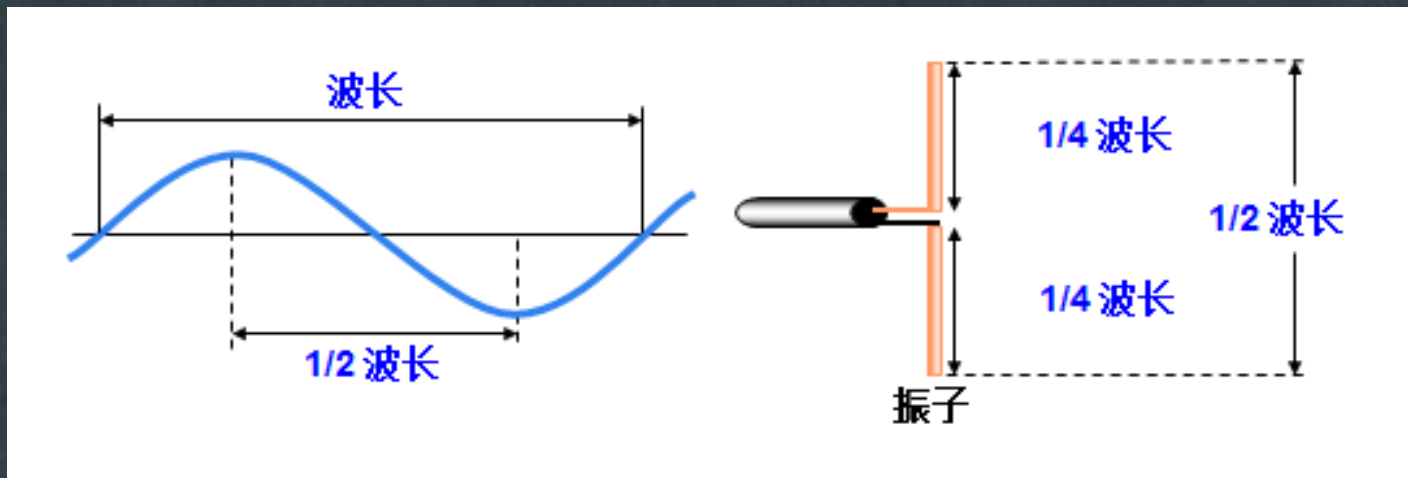
- 导线载有交变电流时，就可以形成电磁波的辐射，辐射的能力与导线的长短和形状有关。当导线的长度增大到可与波长相比拟时，导线上的电流就大大增加，因而就能形成较强的辐射。通常将上述能产生显著辐射的直导线称为振子。



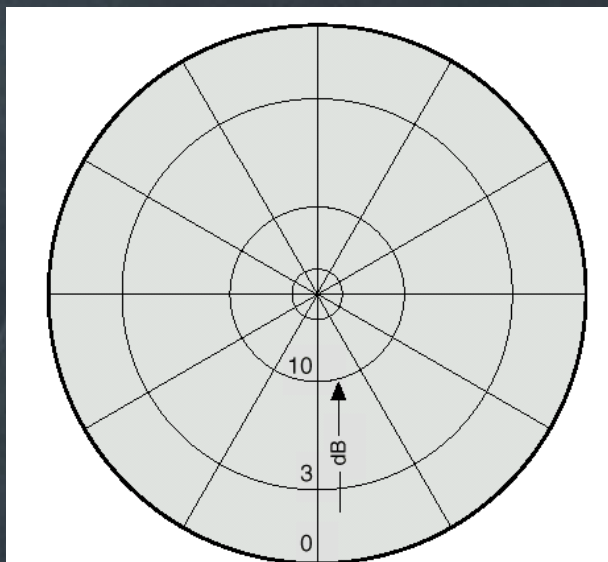
振子的角度与电磁波辐射能力的关系

半波振子

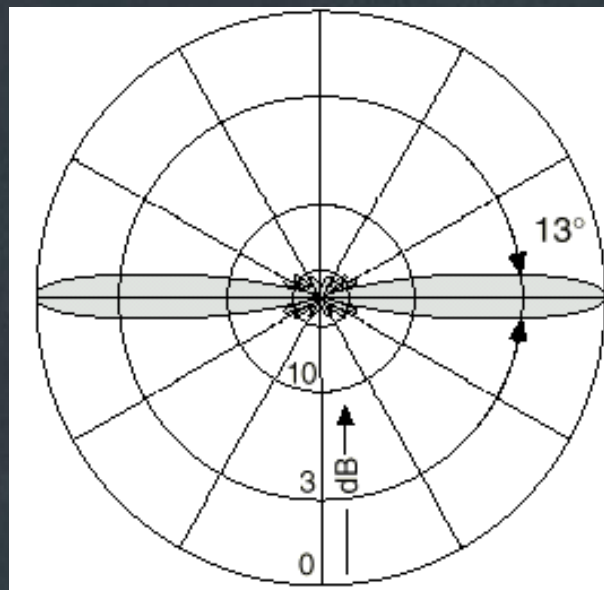
- 两臂长度相等的振子叫做对称振子，也叫半波振子。



全向天线



水平方向



垂直方向



板状天线



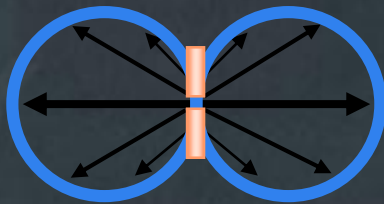
天线增益

- 增益的定义与半波振子或全向辐射器有关。全向辐射器是假设在所有方向上的辐射功率相等。在某一方向的天线增益是该方向上它产生的场强的平方除以全向辐射器在该方向产生的场强的平方。
- 天线增益一般常用dBd和dBi两种单位。
dBi用于表示天线在最大辐射方向场强相对于全向辐射器的参考值；而相对于半波振子的天线增益用dBd表示：

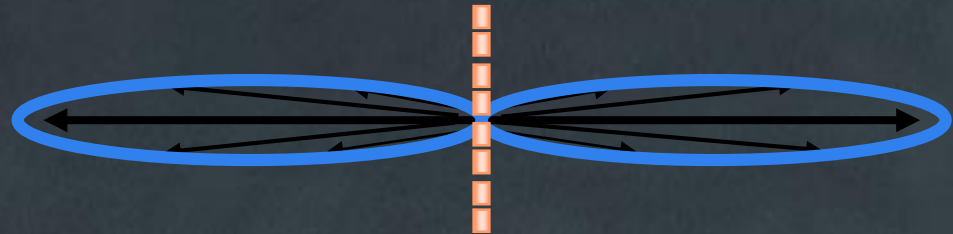
- $0\text{dBd} = 2.15\text{ dBi}$

天线增益

- 板状天线的高增益是通过多个基本振子排列成天线阵而合成。

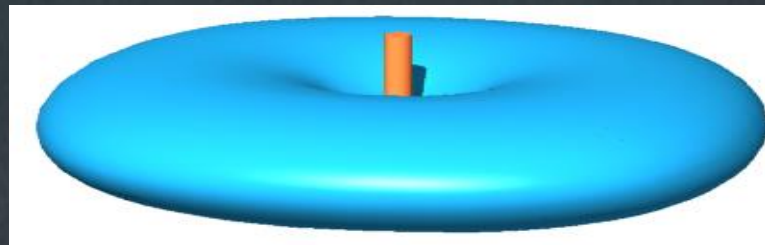
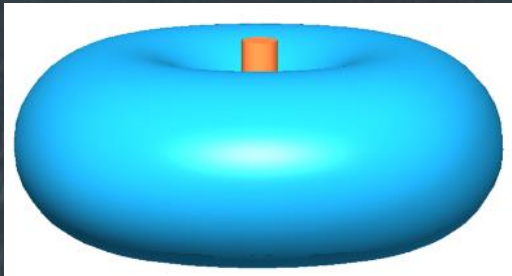


例：1个 对称振子
接收功率：1mW



4个对称振子组阵
接收功率：4 mW

$$\text{GAIN} = 10\lg(4\text{mW}/1\text{mW}) = 6\text{dBd}$$



扇型天线

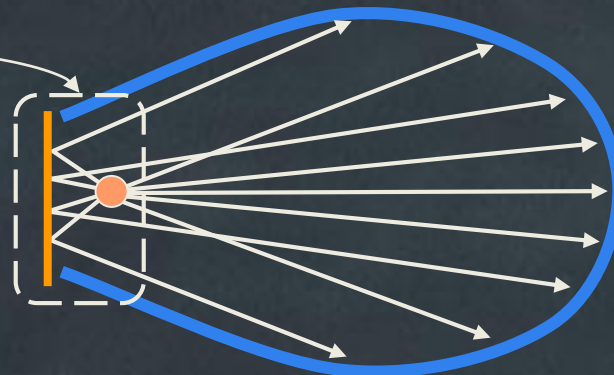
- 利用反射板可把辐射能控制聚焦到一个方向
- 反射面放在阵列的一边构成扇形覆盖天线



“全向阵”

例如在接收机中为4mW功率

天线
(顶视)

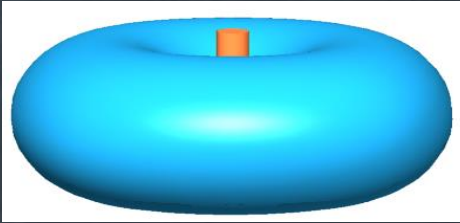


“扇形覆盖天线”

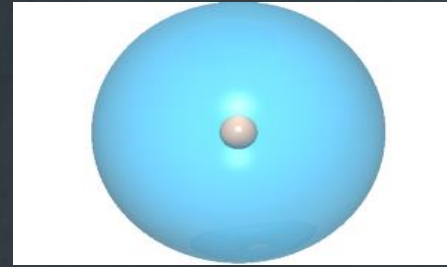
将在接收机中有8mW功率

在我们的“扇形覆盖天线”中，反射面把功率聚焦到一个方向进一步提高了增益
这里, “扇形覆盖天线” 与单个对称振子相比的增益为 $10\log(8\text{mW}/1\text{mW}) = 9\text{dBd}$

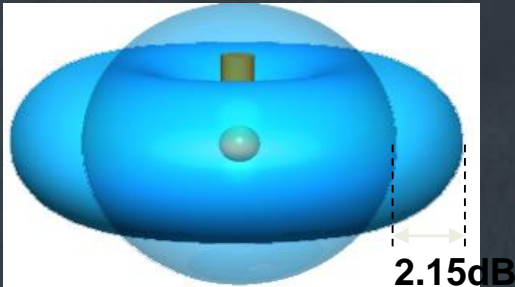
dBd和dBi的区别



一个单一对称振子 **dipole** 具有面包圈形的方向图辐射



一个各向同性 **isotropic** 的辐射器在所有方向具有相同的辐射



对称振子的增益为 **2.15dB**

一个天线与对称振子相比较的增益用“**dBd**”表示

一个天线与各向同性辐射器相比较的增益用“**dBi**”表示

例如: **3dBd = 5.15dBi**

基站定向天线

型号 : TDJ-800/2500-13-65

频率 : (824~960)MHz
(1710~2500)MHz

高频增益 : (13 ± 1) dBi

低频增益 : (13 ± 1) dBi

水平波束宽度 : $(65 \pm 6)^\circ$

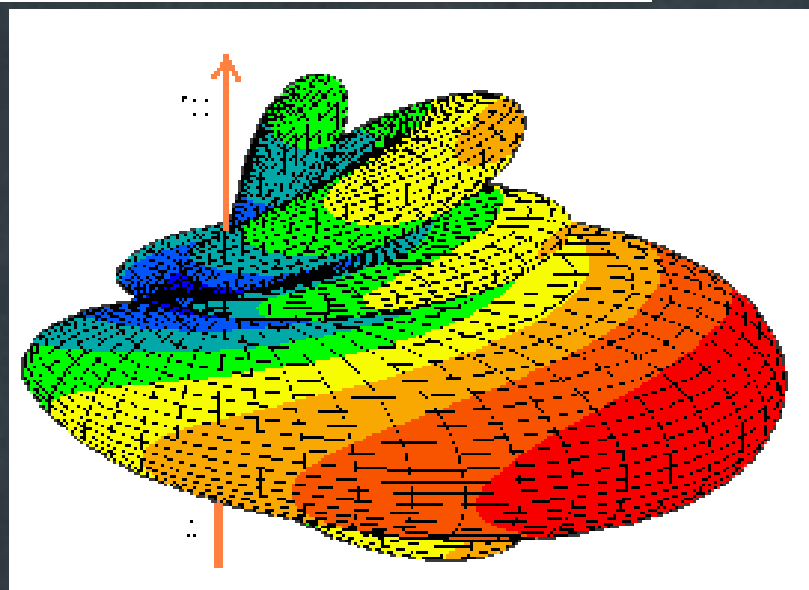
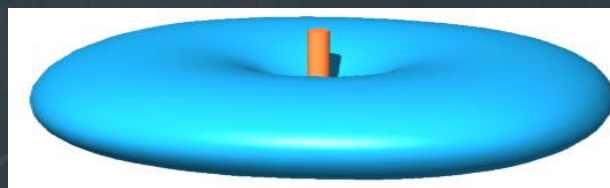
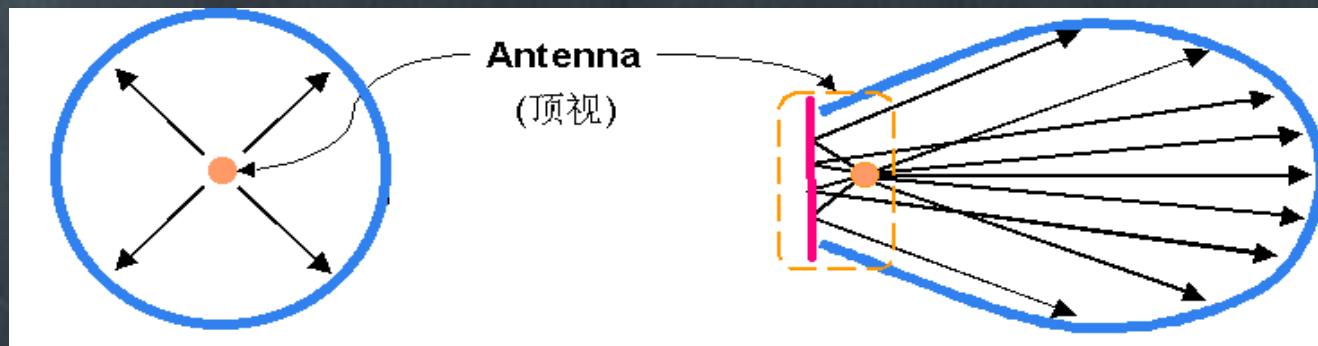
电下倾角 : 0°

执行标准 : YD/T 1059

天线的方向性

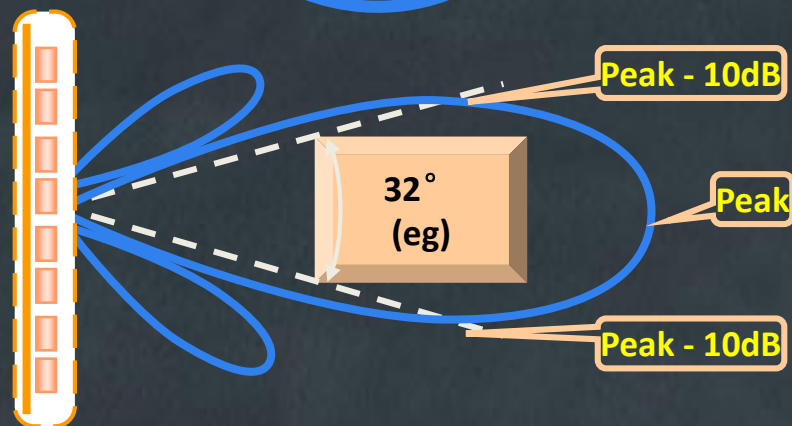
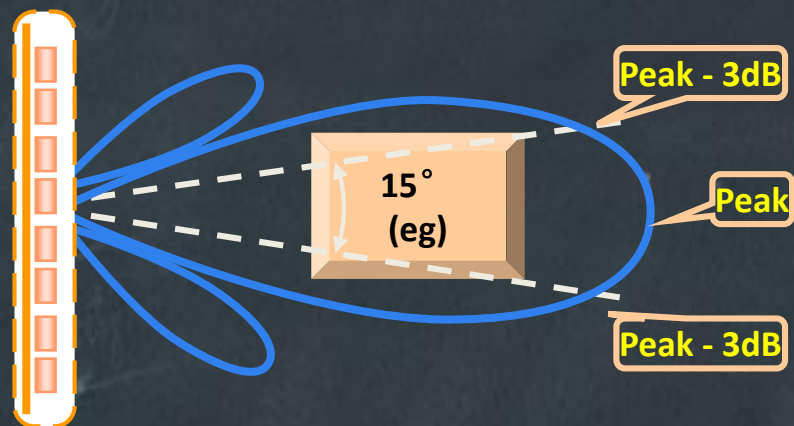
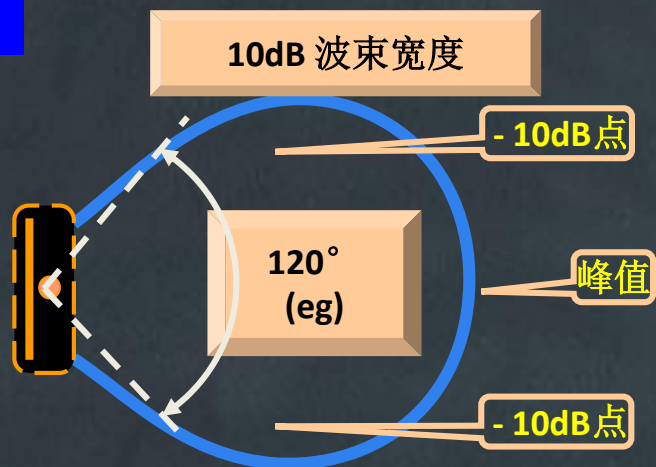
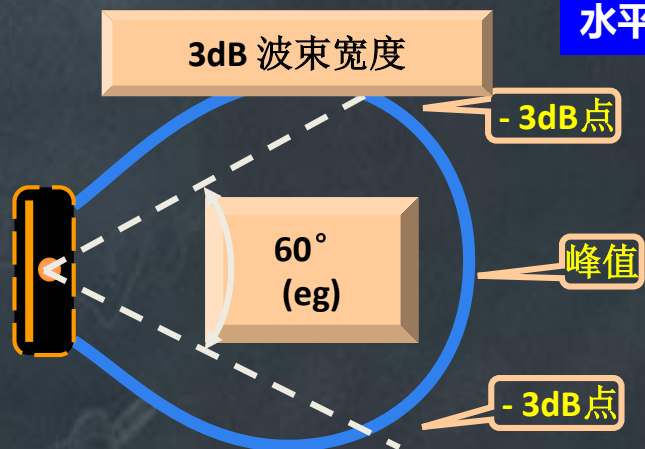
- 天线的方向性是指天线向一定方向辐射电磁波的能力。对于接收天线而言，方向性表示天线对不同方向传来的电波所具有的接收能力。天线的方向性的特性曲线通常用方向图来表示。
- 方向图可用来说明天线在空间各个方向上所具有的发射或接收电磁波的能力。

天线方向图



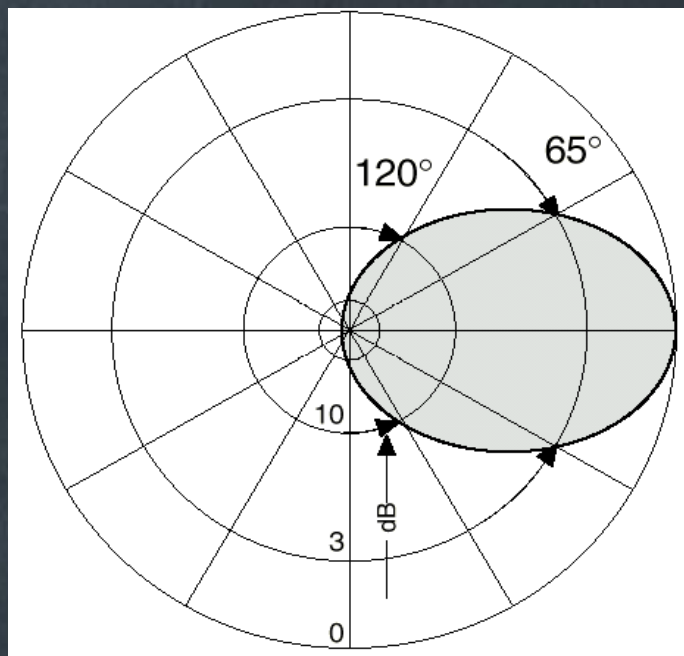
天线波束宽度

水平面方向图

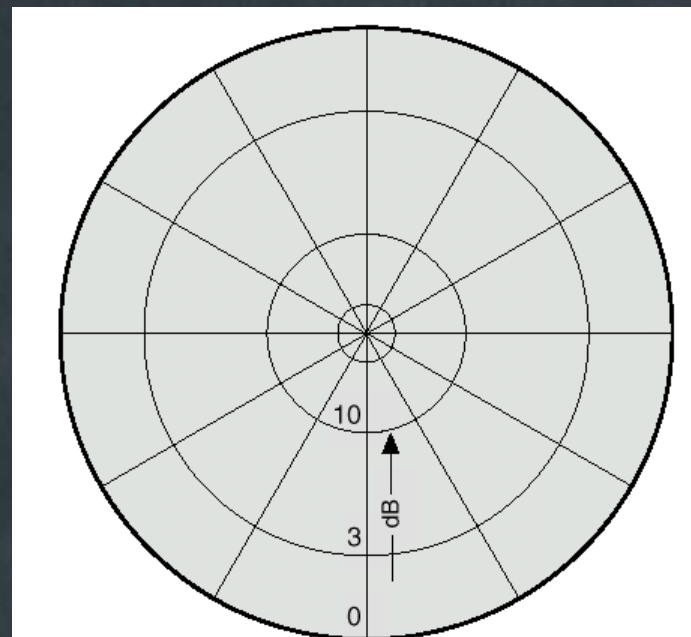


垂直面方向图

水平波瓣3dB宽度



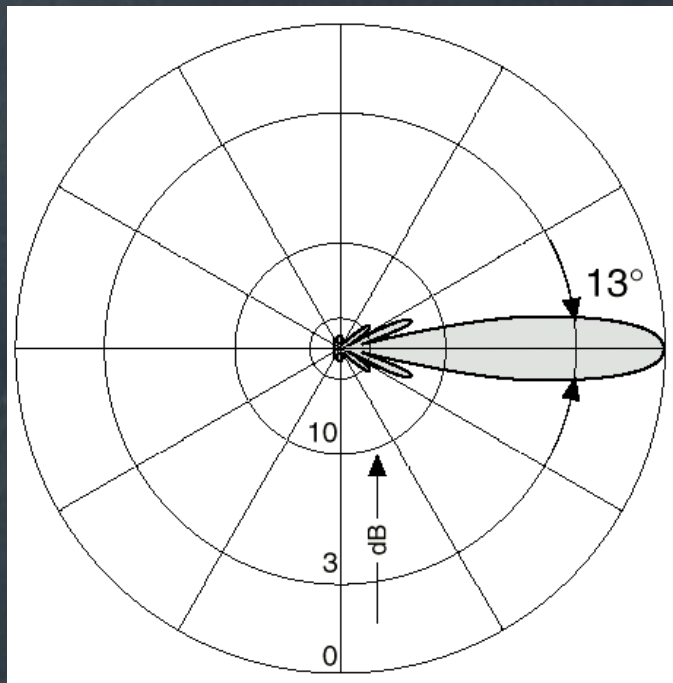
定向天线



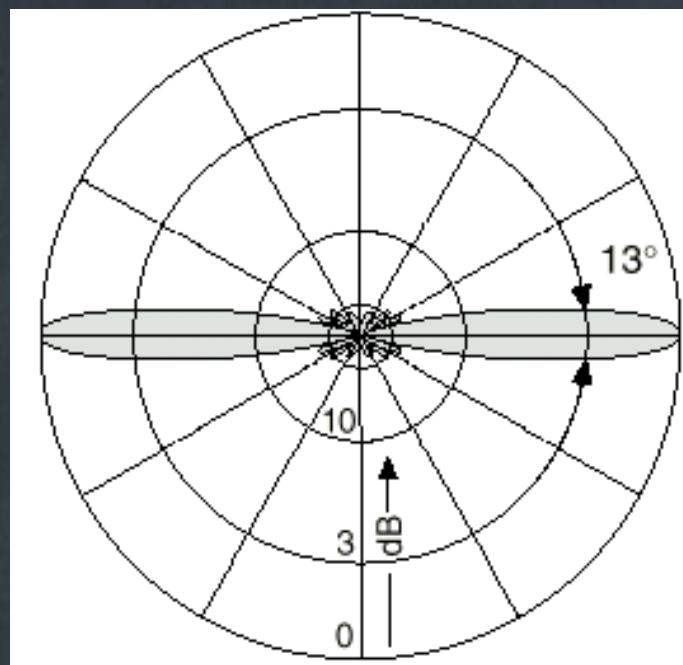
全向天线

垂直波瓣3dB宽度

定向天线

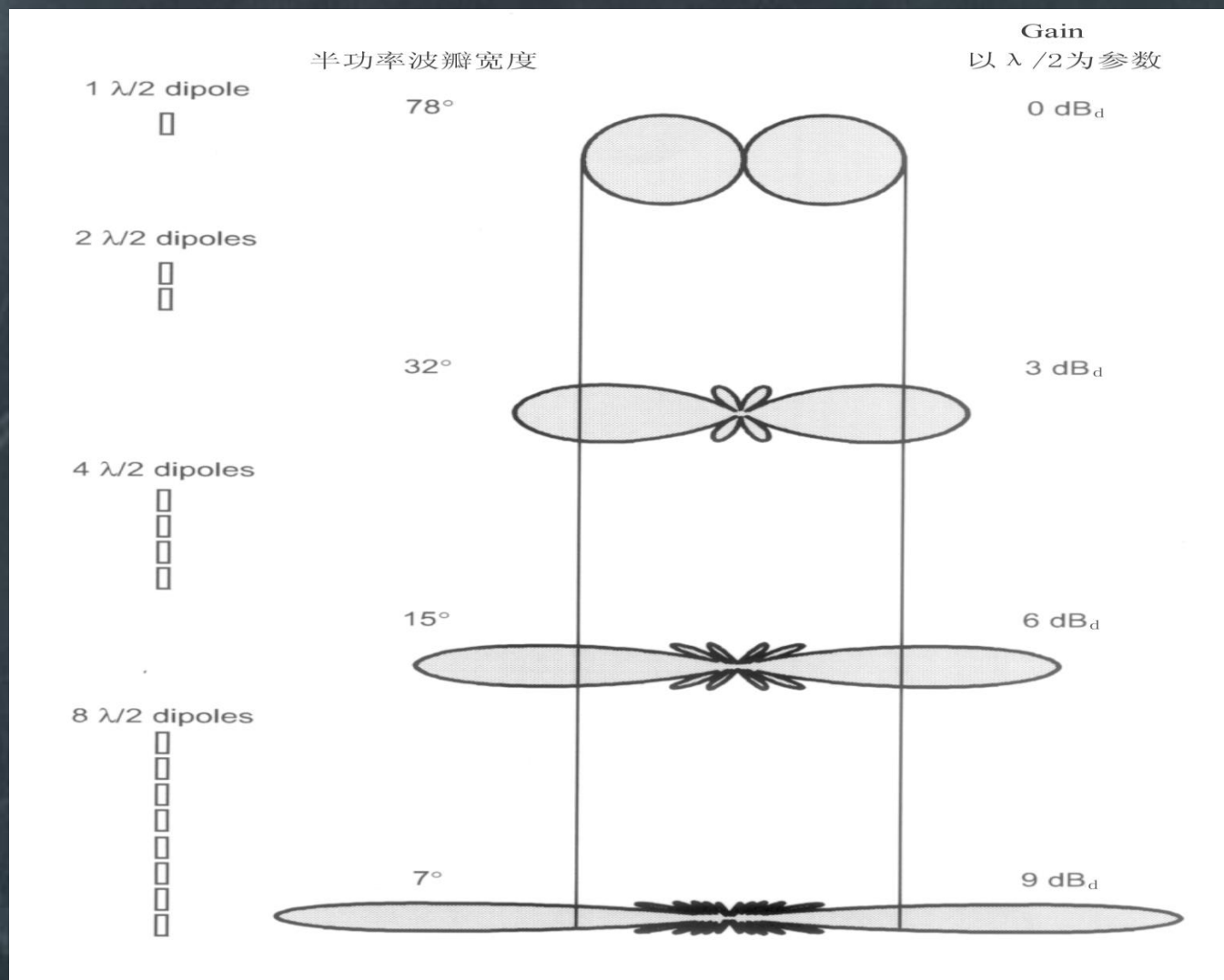


全向天线



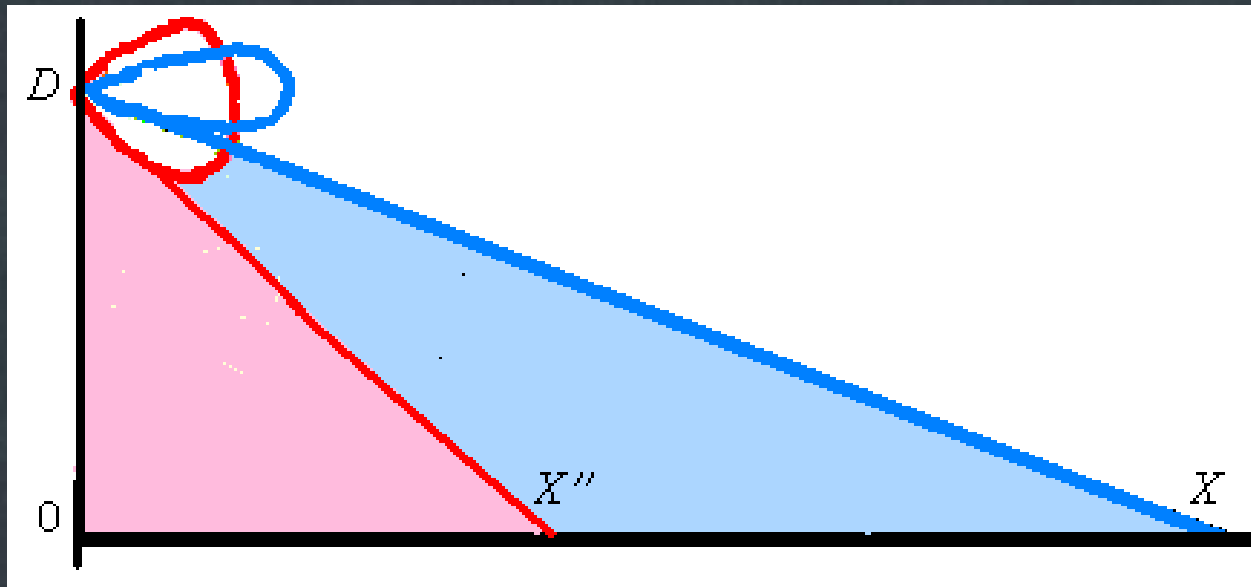
基站天线的垂直波瓣3dB宽度多在10°左右。一般来说，在采用同类的天线设计技术条件下，增益相同的天线中，水平波瓣越宽，垂直波瓣3dB越窄。

全向天线增益与垂直波瓣宽度



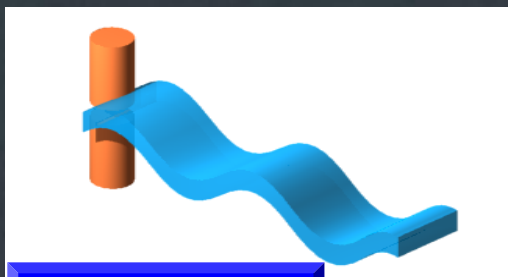
垂直波瓣的影响

- 较窄的垂直波瓣3dB宽度将会产生较多的覆盖死区，同样挂高的二副无下倾天线中，红色较宽的垂直波瓣产生的覆盖死区范围长度为 OX'' ，小于蓝色较窄的垂直波瓣死区范围长度为 OX 。

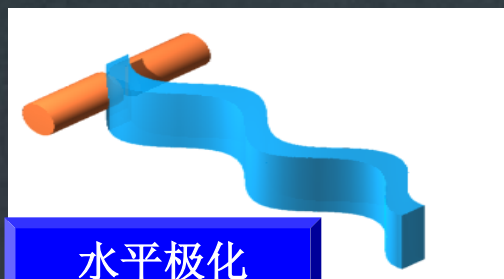


天线极化

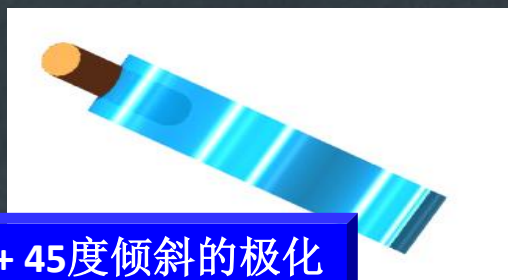
- 天线辐射的电磁场的电场方向就是天线的极化方向。基站天线通常使用线极化。以大地为基准面，电场矢量垂直于地面为垂直极化（VP），平行于地面为水平极化（HP）。



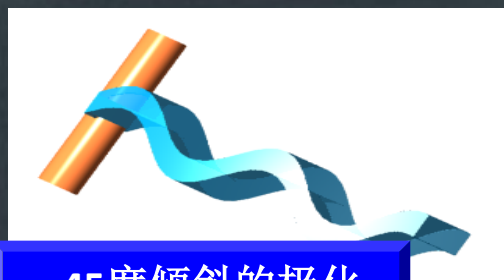
垂直极化



水平极化



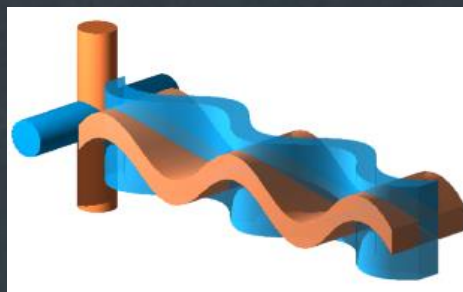
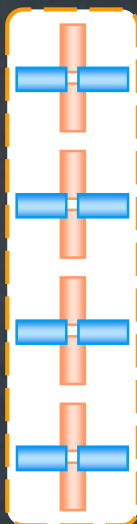
+ 45度倾斜的极化



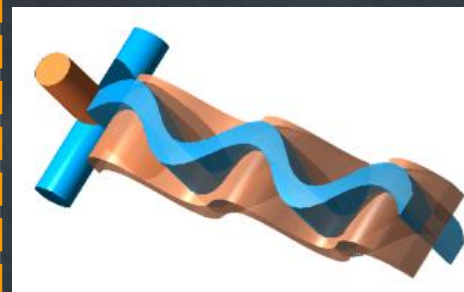
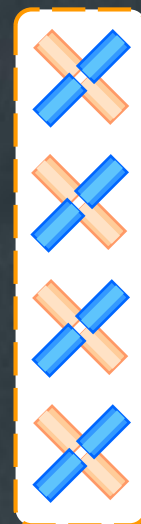
- 45度倾斜的极化

双极化天线

- 双极化天线是由极化彼此正交的两根天线封装在同一天线罩中组成的，采用双线极化天线，可以大大减少天线数目，简化天线工程安装，降低成本，减少了天线占地空间。在双极化天线中，通常使用 $+45^\circ$ 和 -45° 正交双线极化。



V/H (垂直/水平)



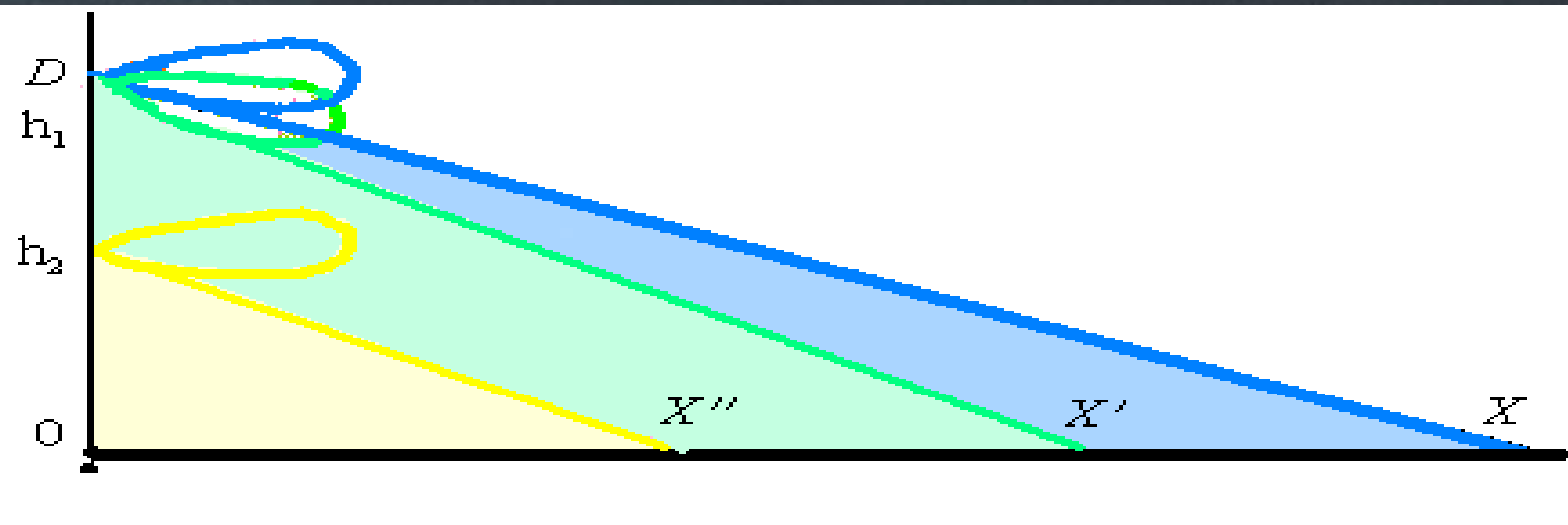
倾斜 ($\pm 45^\circ$)

天线波束下倾

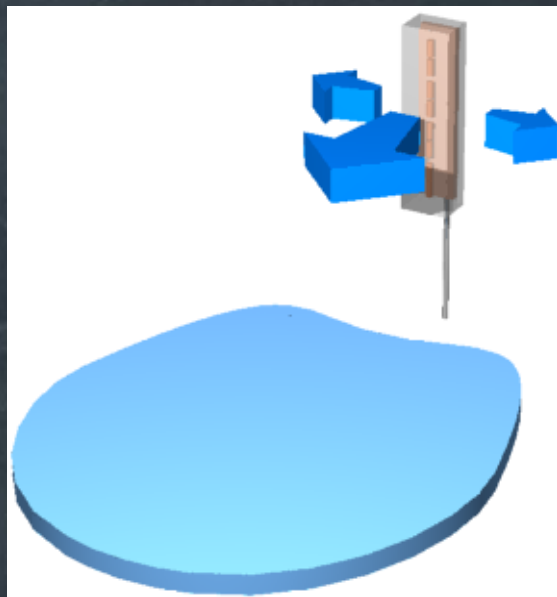
- 作用：控制覆盖、减小干扰
- 两种方法：机械下倾、电调下倾



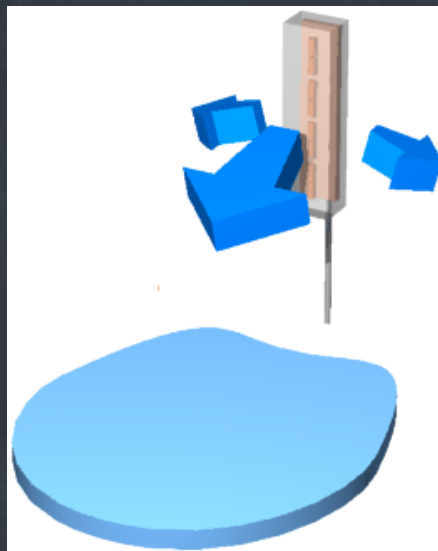
下倾对覆盖的影响



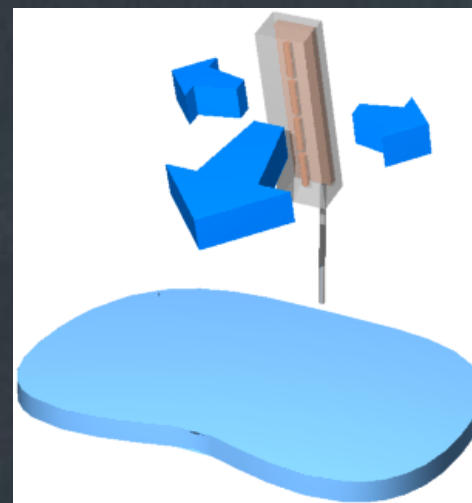
波束下倾



无下倾

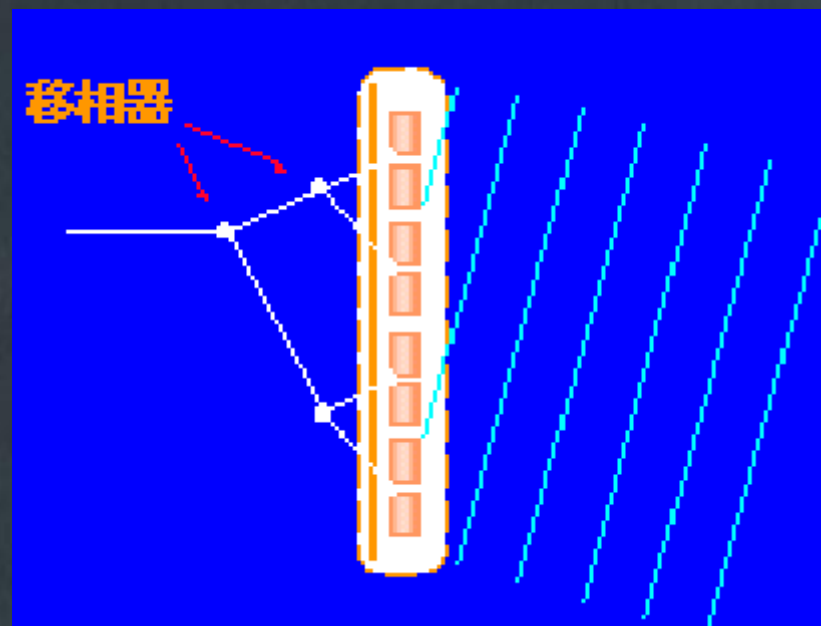
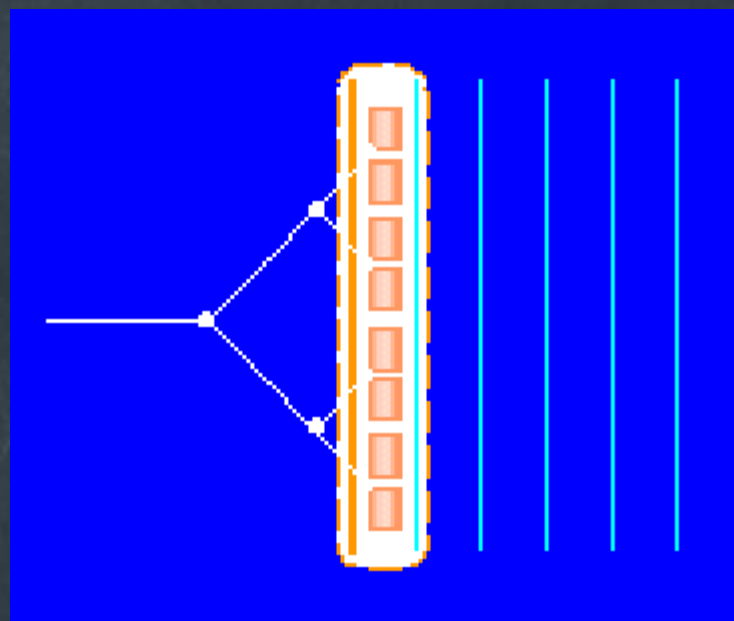


电下倾

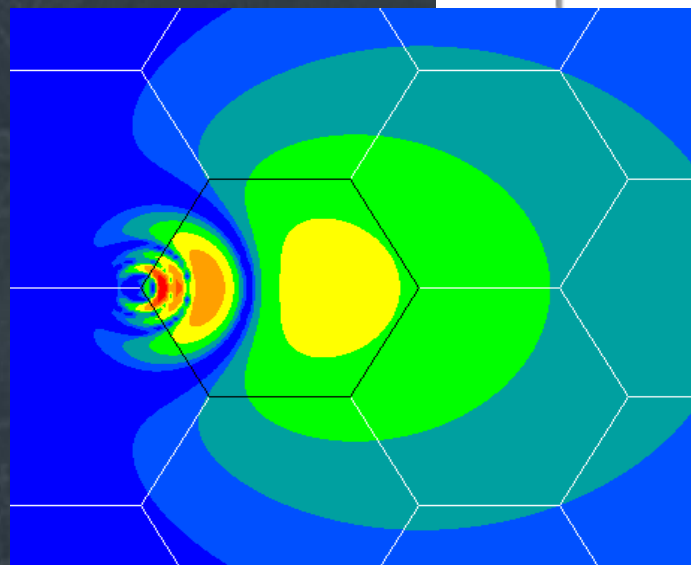
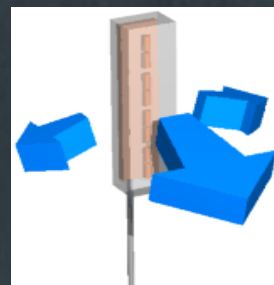
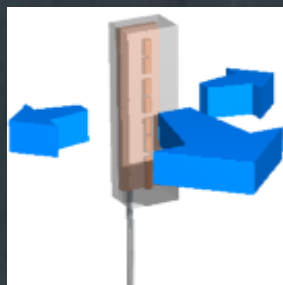


机械下倾

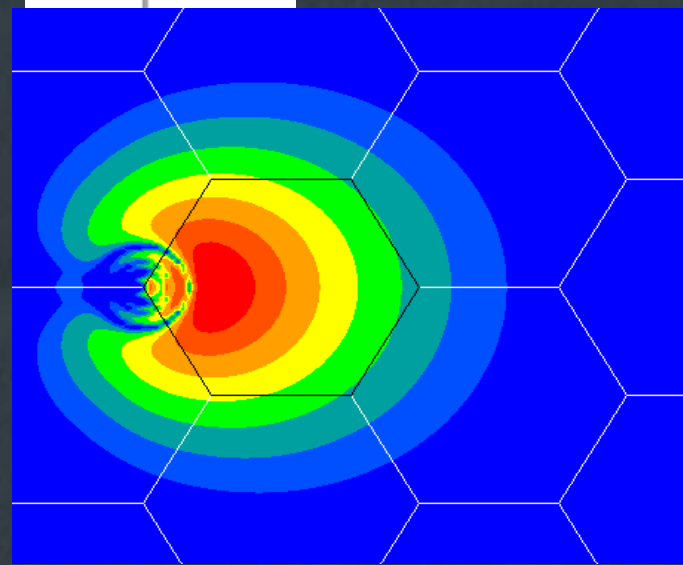
电调下倾原理示意



电下倾情况下的波束覆盖

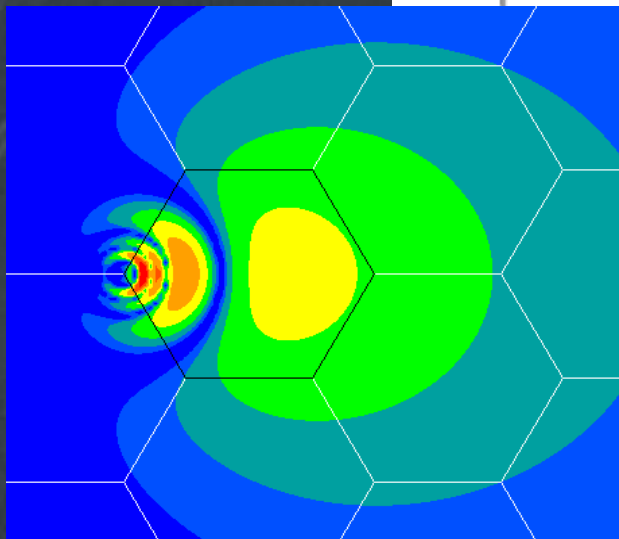
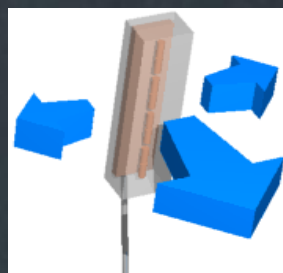
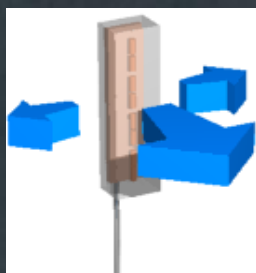


无下倾

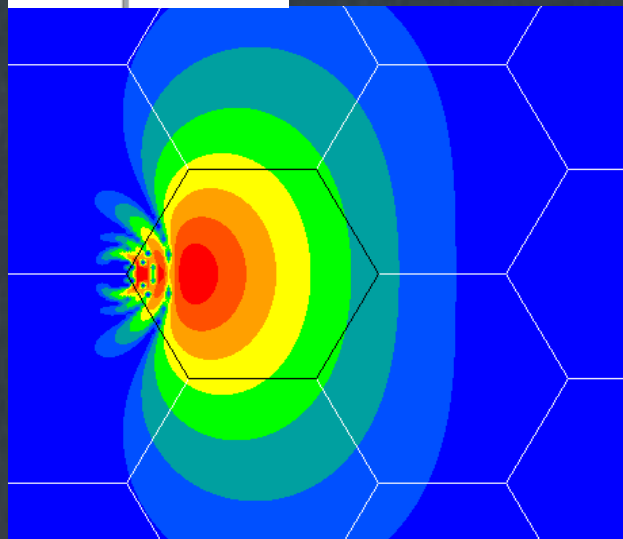


电下倾

机械下倾情况下的波束覆盖

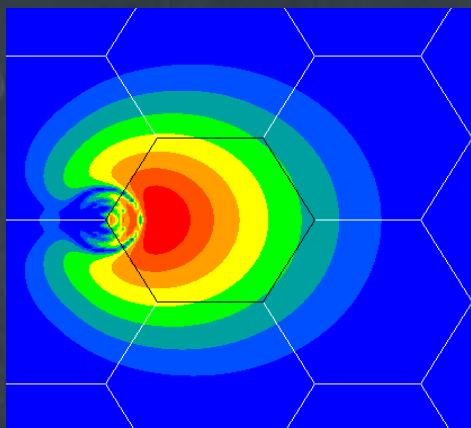
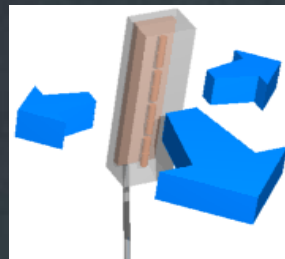
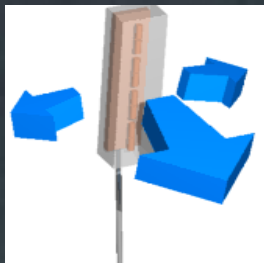
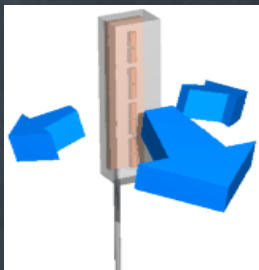


无下倾

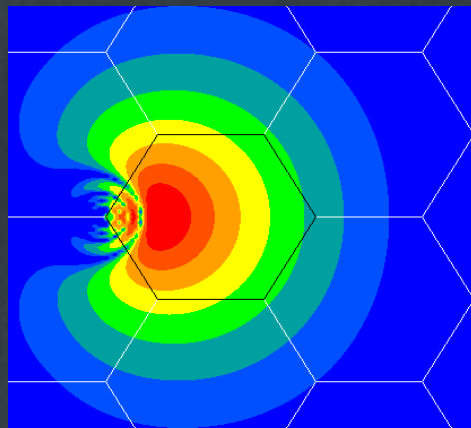


机械下倾

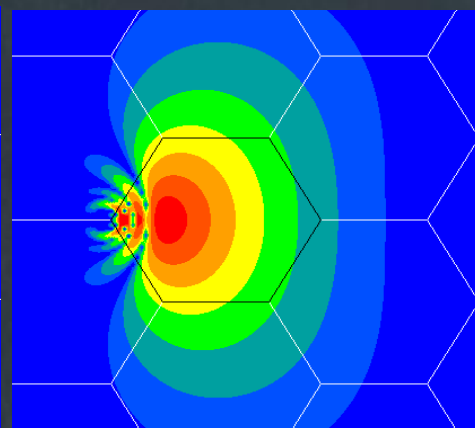
下倾比较



10° 电下倾



6° 电下倾
+ 4° 机械下倾



10° 机械下倾

前后比

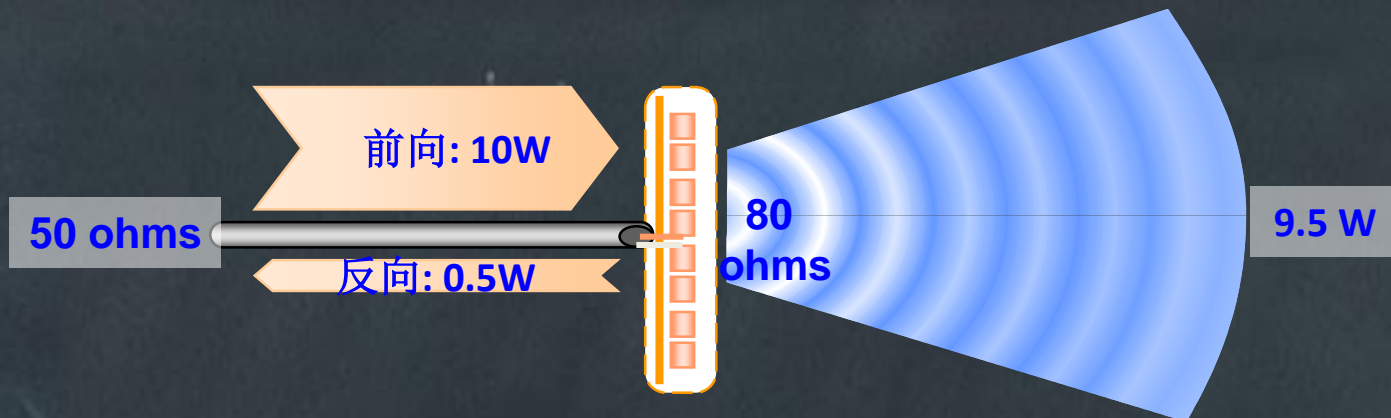
- 方向图中，前后瓣最大电平之比称为前后比。



室外基站天线前后比一般应大于25dB较好

驻波比

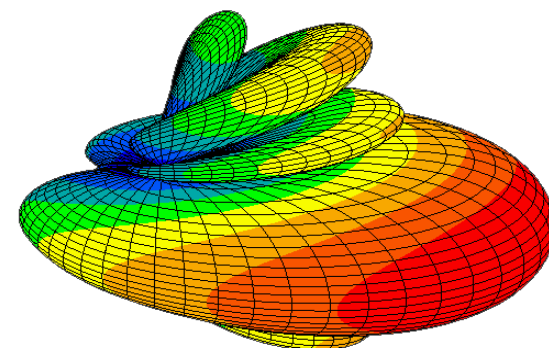
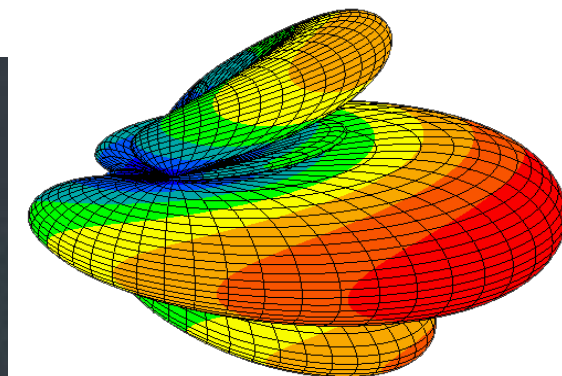
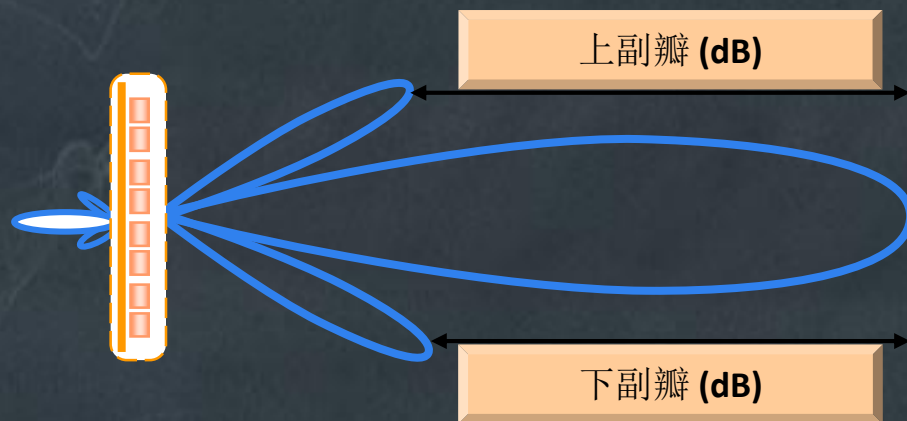
- 驻波比（VSWR）：Voltage Standing Wave Ratio
 - 当馈线和天线匹配时，高频能量全部被负载吸收，馈线上只有入射波，没有反射波。而当天线和馈线不匹配时，也就是天线阻抗不等于馈线特性阻抗时，负载就不能全部将馈线上传输的高频能量吸收，而只能吸收部分能量。入射波的一部分能量反射回来形成反射波。VSWR越大，反射越大，匹配越差。



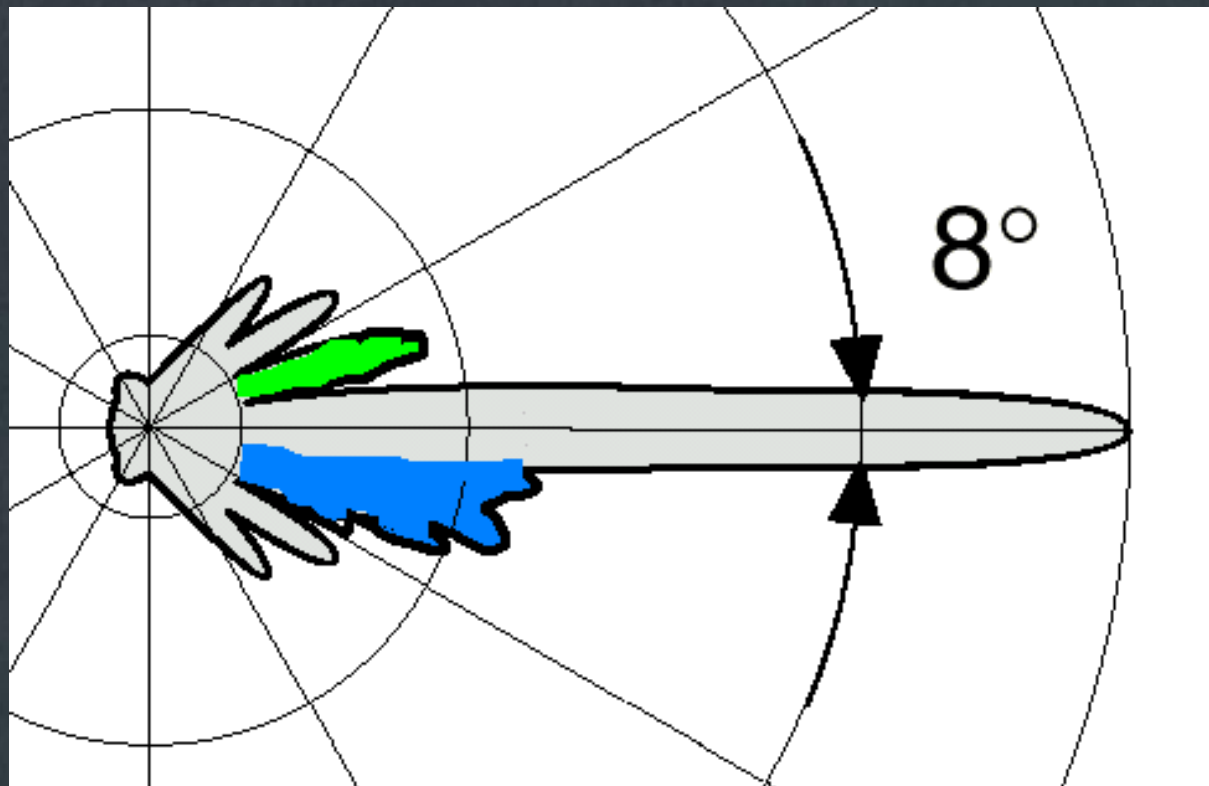
驻波比

- 天线驻波比是表示天馈线与基站匹配程度的指标。它的产生是由于入射波能量传输到天线输入端后未被全部辐射出去，产生反射波，迭加而成的。假设基站发射功率是10W，反射回0.5W，由此可算出回波损耗： $RL=10\lg(10/0.5)=13\text{dB}$ ，计算反射系数： $RL=-20\lg\Gamma, \Gamma=0.2238$
 - $VSWR=(1+\Gamma)/(1-\Gamma)=1.57$
- 一般要求天线的驻波比小于1.5，驻波比是越小越好，但工程上没有必要追求过小的驻波比。

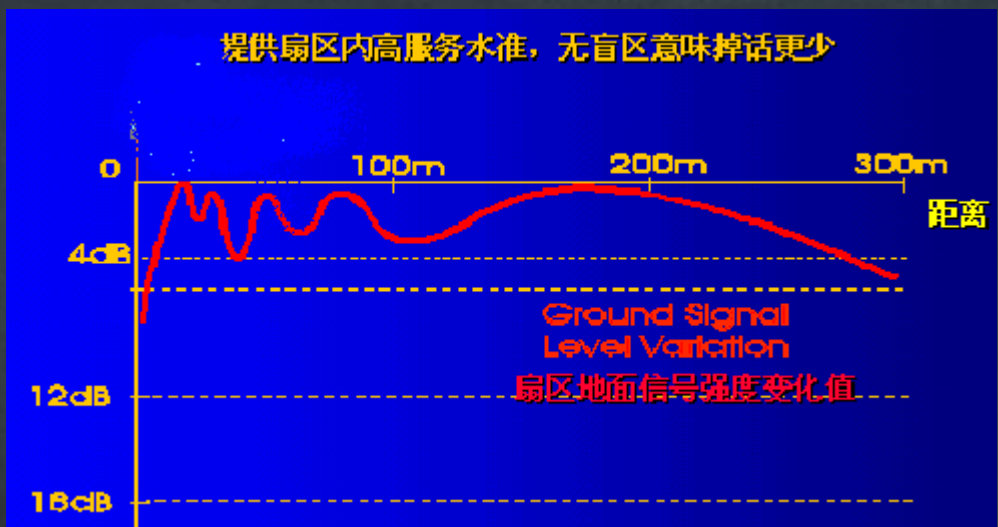
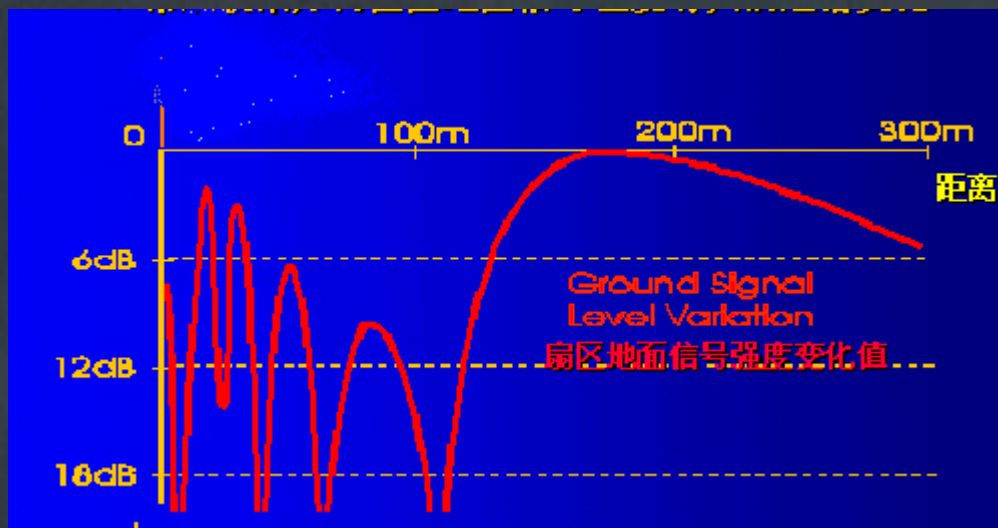
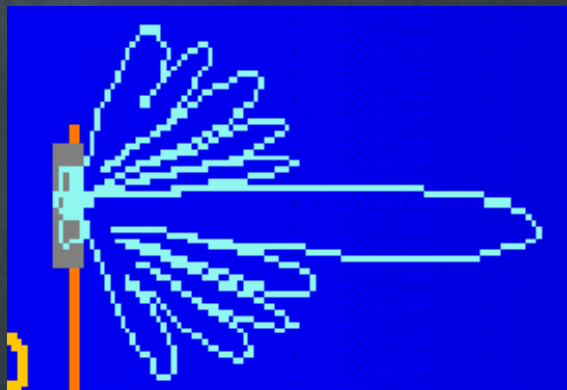
旁瓣



旁瓣抑制与零点填充



旁瓣抑制与零点填充



希望大家多多支持我的**5G**付费课程

可能是全宇宙最通俗易懂的通信课

5G核心原理进阶

@捻叶成剑出品

腾讯课堂链接

<https://ke.qq.com/course/3922159>

电脑或者安卓手机打开链接，苹果不支持

如果下载不了PPT，请私信我下载