

# 天线设计基础

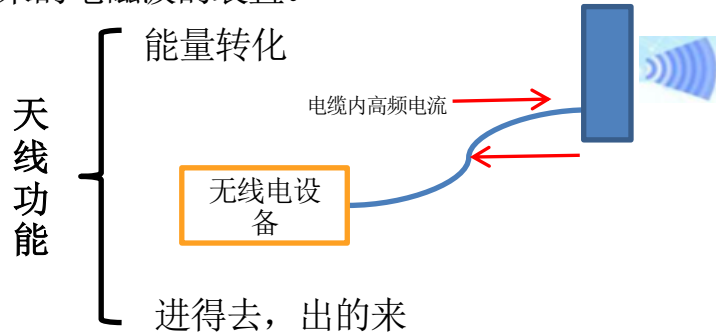
蜂鸟无线

[www.fengniaoRF.com](http://www.fengniaoRF.com)

# 概述

## ➤ 什么是天线？

能够有效地向空间某特定方向辐射电磁波或能够有效的接受空间某特定方向来的电磁波的装置。



## ➤ 天线作用

天线是一种无源器件，不能放大信号，将传输线中的高频电磁能转为自由空间的电磁波，或反之将自由空间中的电磁波转化为传输线中的高频电磁能。

## ➤ 常见天线



# 天线分类

## 天线的分类

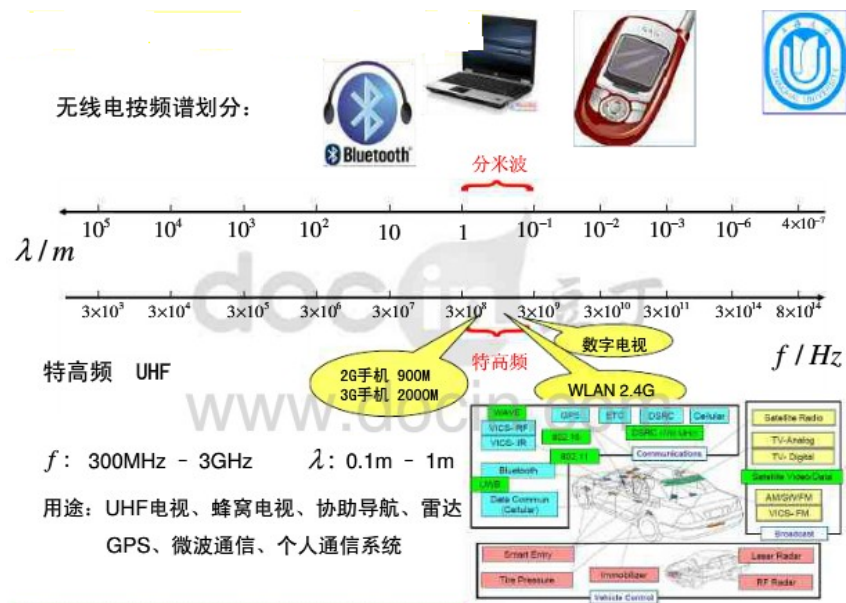
- △ 按波长：中波、短波、超短波、微波天线等
- △ 按状态：发射天线、接收天线、收发共用天线等
- △ 按极化方式：线极化、圆极化、椭圆极化天线等
- △ 按用途：通信、广播电视、雷达、导航天线等
- △ .....



.....



## 频谱的划分



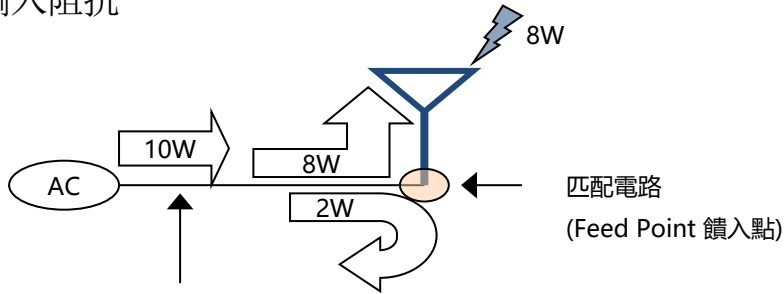
$$\lambda = c/f \quad c \text{ 为光速}$$

# 技术参数



# 技术参数

## ➤ 输入阻抗



$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

$Z_L$ : 天线输入阻抗  
 $Z_0$ : 线路特性阻抗

$$VSWR = \frac{\text{最大电压振幅}(V_{\max})}{\text{最小电压振幅}(V_{\min})} = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma}$$

$$RL = -10 \log\{p(r) / p(i)\}$$

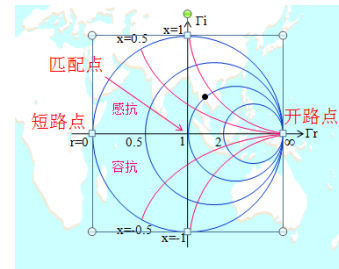
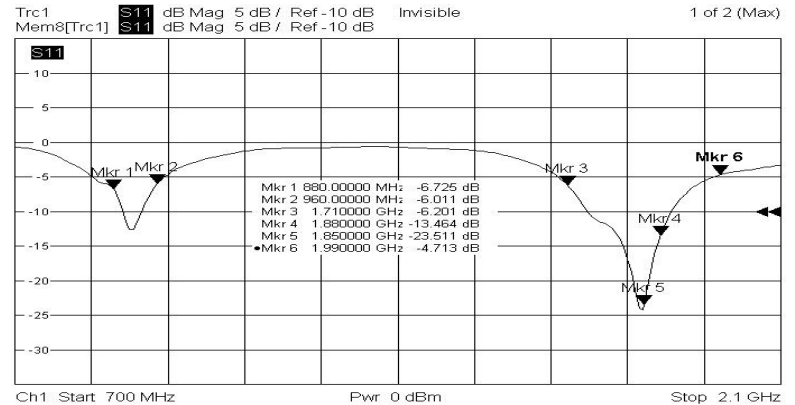
Δ 入射电压完全反射时,  $\Gamma = 1$ , VSWR无限大; 反之, 如完全无反射时,  $\Gamma = 0$ , VSWR理想值为1

Δ Return Loss与VSWR的关系

$$VSWR = (1 + (10^{\hat{RL}/20})) / ((10^{\hat{RL}/20}) - 1)$$

## Δ 阻抗调试的方式:

- 通过网络分析仪, 进行直观的观察终端天线的 VSWR/Return Loss/smith



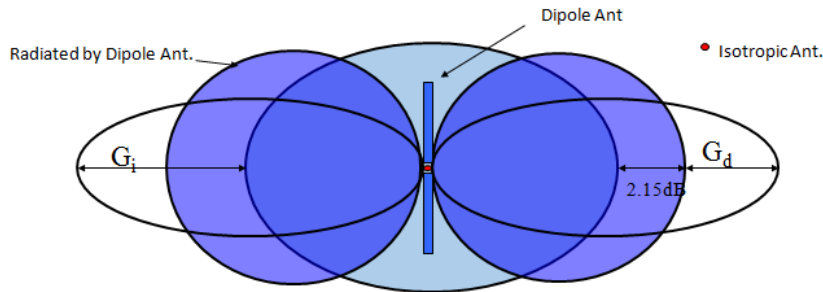
# 技术参数

## ➤ 增益

Δ 定义为：在同一距离及相同输入功率的条件下，某天线在最大辐射方向上的辐射功率密度 $S_{\max}$ （或场强 $|E_{\max}|^2$ 的平方）和理想无方向性天线（理想点源）的辐射功率密度 $S_0$ （或场强 $|E_0|^2$ 的平方）之比，记为 $G$ 。

$$G = \frac{S_{\max}}{S_0} \Big|_{P_{in}=P_{in0}} = \frac{|E_{\max}|^2}{|E_0|^2} \Big|_{P_{in}=P_{in0}}$$

- Δ 式中 $P_{in}$ 、 $P_{in0}$ 分别为实际天线和理想无方向性天线的输入功率。
- Δ 理想无方向性天线本身的增益系数为1。



- Radiated by Isotropic Ant.
- Radiated by Dipole Ant.
- Radiated by other Ant.

- Δ  $G_i$ : dBi 的参考基准为全方向天线
- Δ  $G_d$ : dBd的参考基准为偶极子
- Δ 一般认为，表示同一增益， $G_d = G_i - 2.15$  (dB)

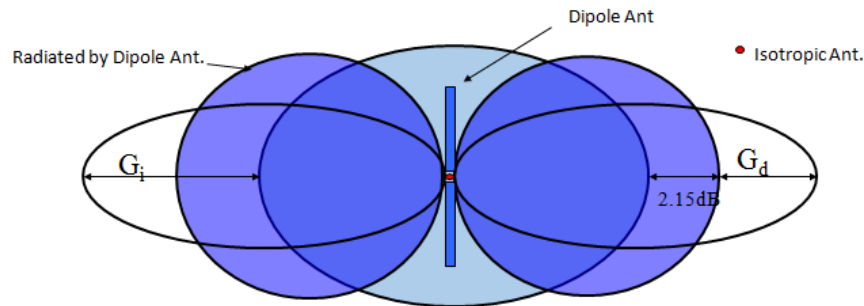
# 技术参数

## ➤ 方向系数(Directivity)

Δ 定义在同一距离及相同辐射功率的条件下, 某天线在最大辐射方向上的辐射功率密度 $S_{\max}$  (或场强 $|E_{\max}|^2$ 的平方) 和无方向性天线(点源)的辐射功率密度 $S_0$  (或场强 $|E_0|^2$ 的平方) 之比, 记为 $D$ 。用公式表示如下:

$$D = \frac{S_{\max}}{S_0} \Big|_{P_r=P_{r0}} = \frac{|E_{\max}|^2}{|E_0|^2} \Big|_{P_r=P_{r0}}$$

Δ 式中 $P_r$ 、 $P_{r0}$ 分别为实际天线和无方向性天线的辐射功率。



- Radiated by Isotropic Ant.
- Radiated by Dipole Ant.
- Radiated by other Ant.

# 技术参数

## ➤ 效率

Δ 定义为天线辐射功率 $P_r$ 与输入功率 $P_{in}$ 之比，记为  $\eta_A$ ，即

$$\eta_A = \frac{P_r}{P_{in}} = \frac{P_r}{P_r + P_l} = \frac{R_r}{R_r + R_l}$$

$P_l$  -- 损耗功率  
 $R_l$  -- 损耗电阻  
 $R_r$  -- 辐射电阻

➤ 考虑到馈线与天线失配引入的反射损耗，则天线的总效率应为

$$\eta_{\Sigma} = \eta_A (1 - |\Gamma|^2)$$
$$\Gamma = (Z_{in} - Z_0) / (Z_{in} + Z_0)$$

$\Gamma$  -- 反射系数  
 $Z_{in}$  -- 天线输入阻抗  
 $Z_0$  -- 传输线的特性阻抗

# 技术参数

➤ 增益与方向系数的关系

Δ 公式为

$$G = \frac{S_{\max}}{S_0} \Big|_{P_{in}=P_{in0}} = \frac{\eta_A S_{\max}}{S_0} \Big|_{P_r=P_{r0}}$$

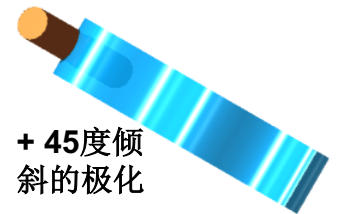
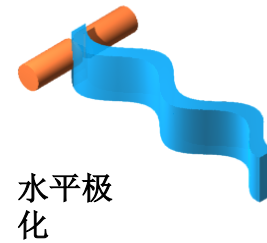
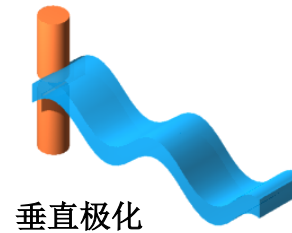
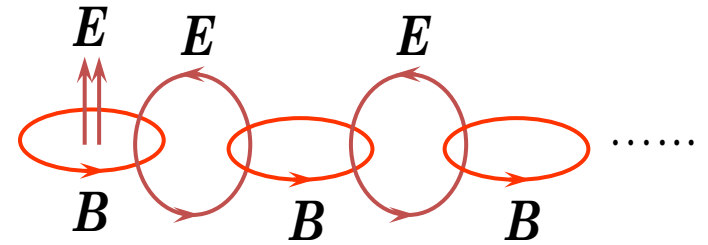
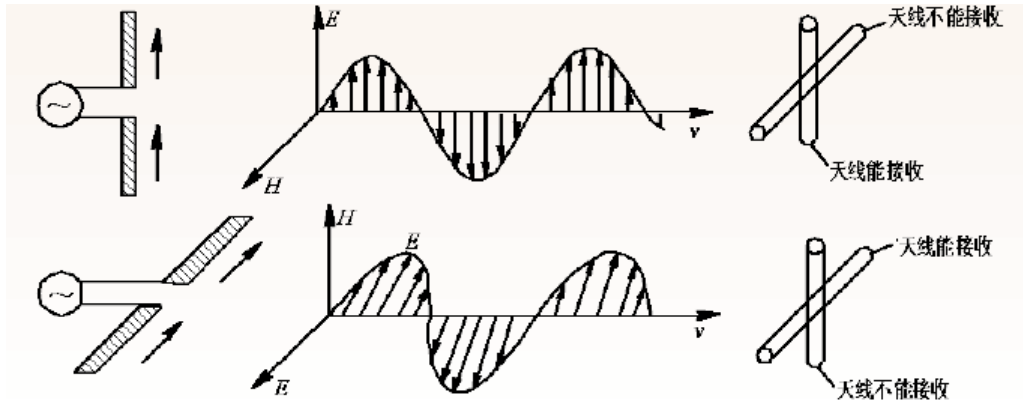
$$G = \eta_A D$$

Δ 由此可见，增益系数是综合衡量天线能量转换效率和方向特性的参数，它是方向系数与天线效率的乘积。

# 技术参数

## 极化

- △ 定义：描述天线辐射电磁波矢量空间指向的参数。
- △ 由于电场与磁场有恒定的关系，故一般都以电场矢量的空间指向作为天线辐射电磁波的极化方向。



# 技术参数

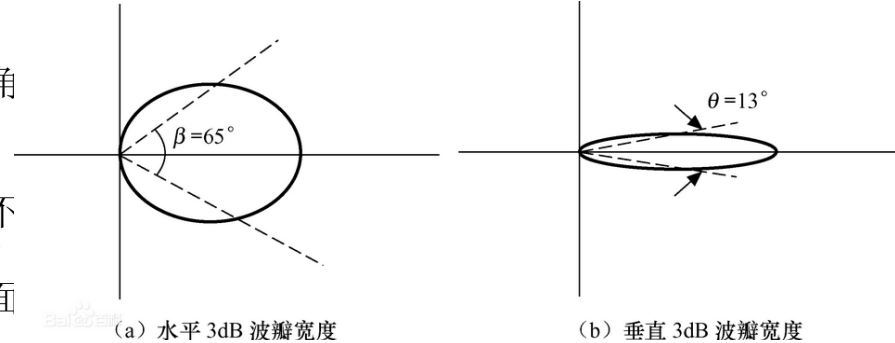
## ➤ 波瓣宽度

- Δ 顾名思义，就是无线电波辐射形成的扇面所张开的角度。
- Δ 同一天线发射的无线电波不同方向上的辐射强度是不同的，所以定义比最大辐射方向上的功率下降3dB的两个方向之间的夹角为波瓣宽度。在水平面和垂直面各有一个波瓣宽度，如右图所示。

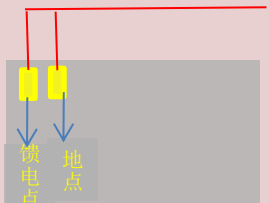
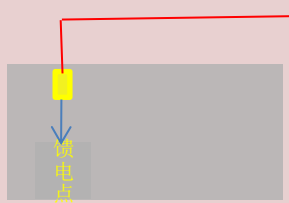
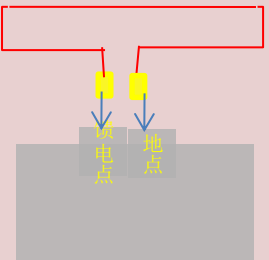

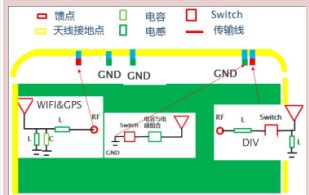
- Δ 水平波瓣宽度和垂直波瓣宽度是相互影响的，其关系式为

$$G_a \approx \log \frac{32400}{(\theta\beta)}$$

$G_a$  为天线增益； $\beta$ 为水平波瓣宽度； $\theta$ 为垂直波瓣宽度。



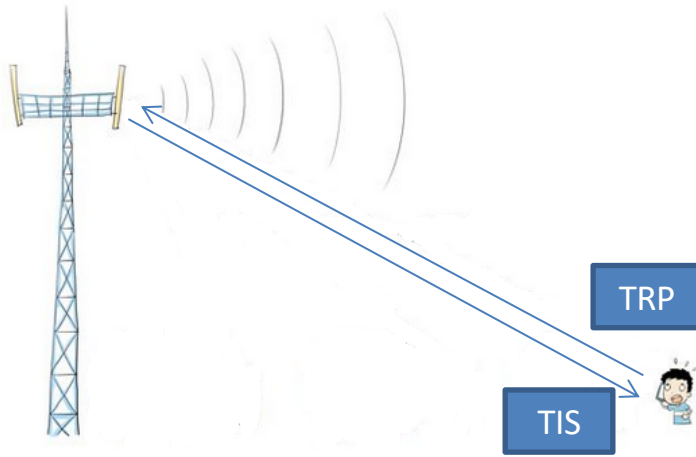
# 以终端设计为例

	PIFA	MONOPOLE	LOOP	金属后盖	金属边框 + 玻璃后盖
天线形式					
优点	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 天线抗干扰强, 允许摆放器件</li> <li>2. 稳定性比较好</li> <li>3. SAR值相对比较低</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 容易在高度小的空间设计天线;</li> <li>2. 不能在天线的附近摆放器件</li> </ol>	带宽比较宽	充分利用边框与后盖来做天线	利用金属边框作为天线
缺点	天线面积, 高度要求比较大	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. SAR值比较高;</li> <li>2. 净空要求比较高</li> </ol>	对净空有极大的要求	净空有要求, 对断缝位置有要求	净空有要求, 对断点位置有要求, 手握性能不是很好

# 技术指标

## ➤ 射频系统性能指标

- Δ TRP
- Δ TIS



频段	头+手 ( TRP )	头+手 ( TIS )
GSM900	$\geq 16\text{dBm}$	$\leq -92\text{dBm}$
DCS1800	$\geq 16\text{dBm}$	$\leq -93\text{dBm}$
TD/1900	$\geq 12\text{dBm}$	$\leq -99\text{dBm}$
TD/2100	$\geq 12\text{dBm}$	$\leq -99\text{dBm}$

## Δ SAR

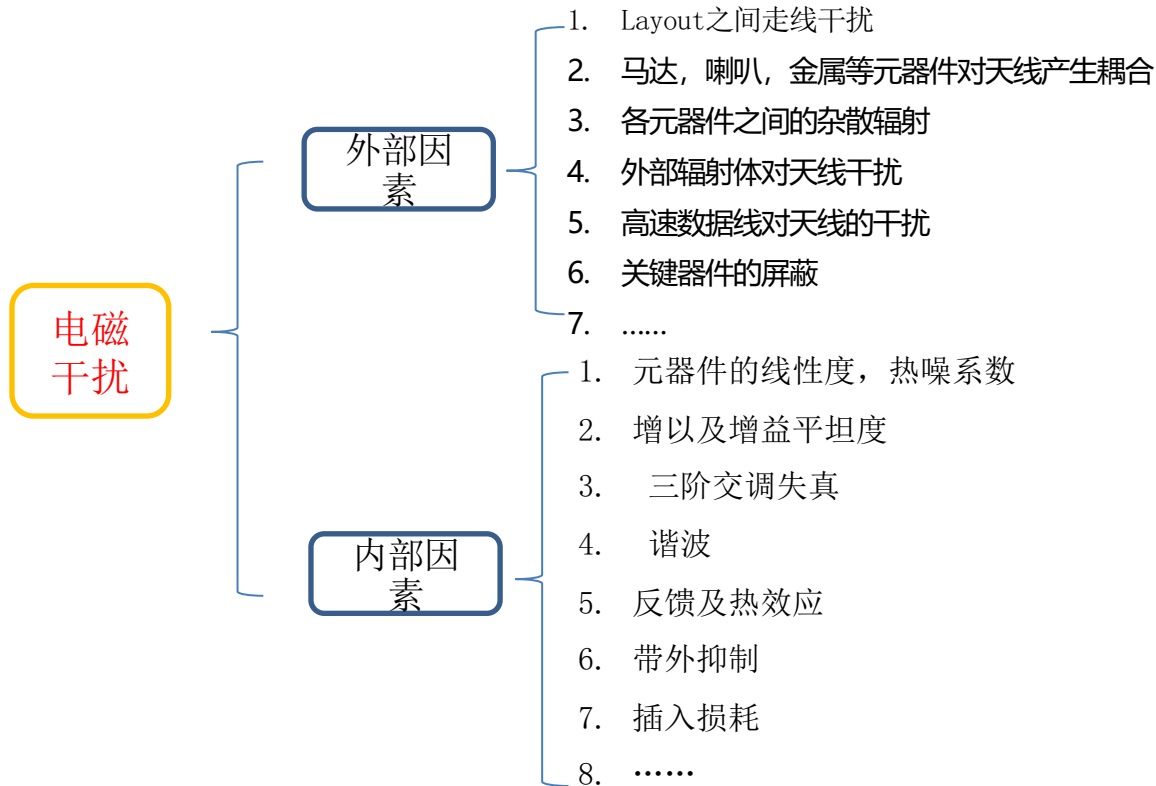
- 单位质量的人体组织所吸收或消耗的电磁功率，单位为W/kg。美标（1.6mw/g，1g平均）中国与欧标（ 2.0mw/g，1g平均）



# 技术指标

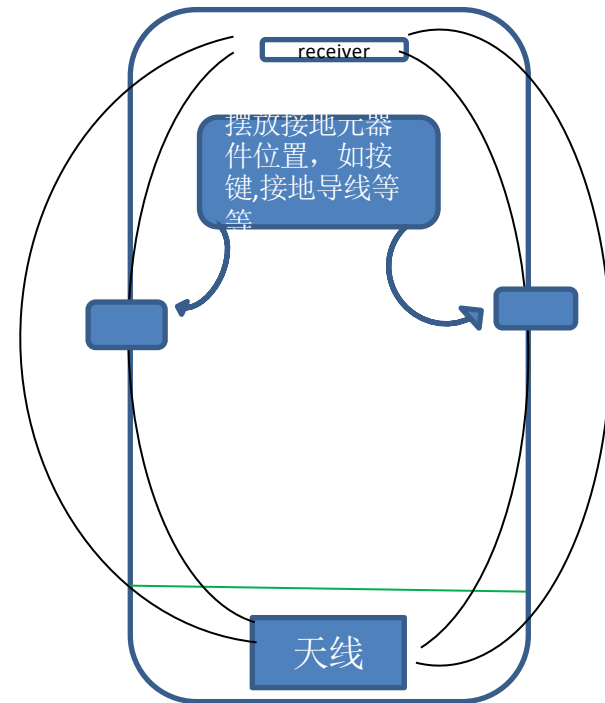
## ➤ 影响TIS的因素

传到数据 - 线损 - 效率 - 干扰 = TIS (暗室测出来的数据)



# 技术指标

- 降低SAR的办法
  - △ 降低发射功率;
  - △ 修改天线pattern, 改变天线辐射方向;
  - △ PCB板中间摆放接地器件, 改变天线辐射方向;
  - △ .....



# 种类及特点

	FPC (Flexible Printed Circuit 即柔性电路)	LDS (Laser-Direct-Structuring即激光直接成型技术)	PCB天线	陶瓷天线	螺旋天线
材质					
优点	1,柔软性比较好; 2, 便于修改	<ol style="list-style-type: none"> <li>性能稳定, 一致性好;</li> <li>避免手机内部元器件的干扰;</li> <li>增强空间利用率</li> </ol>	集成度高, 可以压缩体积减少成本	有效缩小天线尺寸, 并能达到隐藏天线	常用于对定位精度要求较高或环境复杂、严苛的应用中
缺点	空间利用率不好;	价格比较贵	对PCB板的净空有严格要求	对多频段的天线设计比较困难, 遵循厂家对接地大面积的尺寸要求	价格比较贵, 占用空间面积比较大
主要运用领域	适合频段比较多的设计	适合频段比较多的设计	适合蓝牙, 双频的设计	适合低耗电率的蓝牙设计	适合GPS、WIFI单频天线的设计