

# 天线

## 目录

1	理论介绍	3
1. 1	电磁波	4
1. 2	天线理论	6
1. 3	基本原理	12
2	GSM900/1800 中的特殊技术	21
3	天线类型	31
3. 1	全向性天线	32
3. 2	定向性天线	34
3. 3	多路性天线系统	36
3. 4	天线倾斜	36



SIEMENS

天线

# 1 理论介绍



图. 1



## 1.1 电磁波



有许多不同类型的电磁波。他们包括无线电波，红外线，光线，在其它电磁波之中的 X 射线和 伽马 射线。无线电波是一种电磁射线。典型的无线电波是发送天线上由振荡的电荷产生的向外发送的扰动波 e. g. 伽马射线是由活跃的原子放射辐射后衰落时产生。如果不考虑它的起源，电磁波是振荡的电场和磁场的组合。

对一个简单移动的平面波，其电场和磁场是互相垂直的，并定向传播。可以被简单正弦函数描述的电磁波，如图 1 所示，波长， $\lambda$ ，一个振动周期的长度，或相应的频率， $f$ ，两者和速度， $c$ ，的关系如下：

$$c = \lambda \times f$$

在真空，对所有的电磁波， $c \approx 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ 。

如图 1 所示，如果电场严格地指向一个方向，电磁波是线型极化的。例如，如果电场在水平的方向，波是水平地极化的。

电磁波的两个重要的特性是：

- 因为它的振动的数量如，电场，是和传播方向正交的，所以它是一个横波。
- 电磁波传输时不要求媒介，因此它不需要介质也能传送能量。

频谱中各个波段的传播特性是不同的。大多数使用的无线电波在频谱的 100kHz 和 30GHz 之间。频谱可划分为 12 个波段，如图 2 所示。本书仅仅考虑 UHF 波段，因为移动无线电波波段采用 UHF 的波段和频率分配的属性。

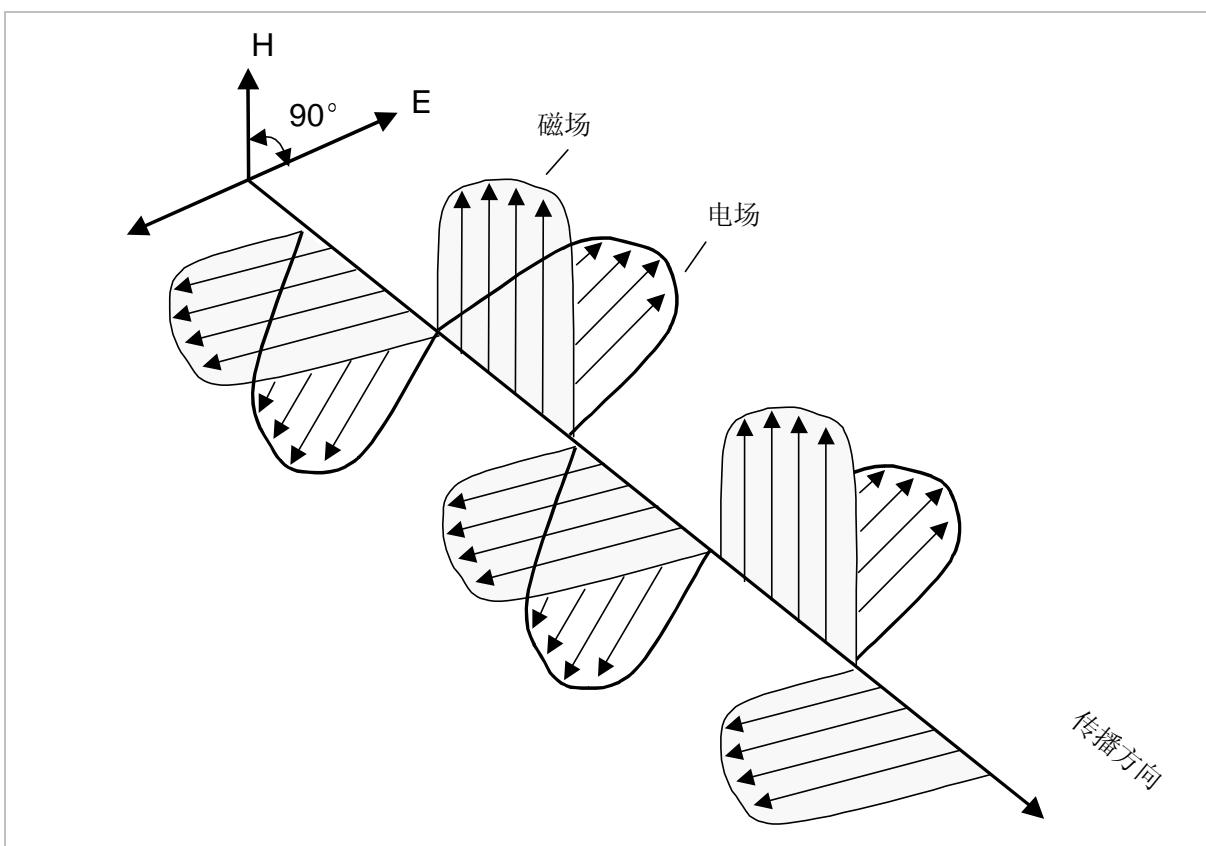


图. 2 平面电磁波传播的瞬时波形



频率	分类	缩写
3-30 Hz		
30-300 Hz	极低频	ELF
300-3000 Hz	语音频段	VF
3-30 kHz	甚低频	VLF
30-300 kHz	低频	LF
300-3000 kHz	中频	MF
3-30 MHz	高频	HF
30-300 MHz	甚高频	VHF
300-3000 MHz	特高频	UHF
3-30 GHz	超高频	SHF
30-300 GHz	极高频	EHF
300-3000 GHz		

频率. 光谱. 波段



## 1.2 天线理论



天线是在导体内传播的波和自由空间内传播的波之间的转换介质。他们通过接收器接收电磁波，通过发射器发射电磁波。

原则上，一个无源天线的特性对接收和传输是一样的，它能互相使用。从连接观点上，天线似乎是一个有两个终端的网络，事实上它是一个四终端网络。一部分是连接到高频传输线，另一部分连接到空间环境。因此，天线的环境对它的属性和性能上有很强的影响。如图 2 所示

天线在原理上，可视为一个开放的两路传输线。如图 3 所示：

- a) 发射器在两路传输线中传送高频电波。在两路传输线之间会产生不能由导体释放的脉冲电场。
- b) 传输线末端是开路的，电力线在此变长并垂直于传输线。
- c) 传输线在右角呈开路状态。电力线在此变长直至超出传输线范围，2 个垂直线的长度为半波长 这种结构会放射电磁波。

这种简化模型称为  $\lambda/2$ -偶极子（半波长偶极子），描述了几乎所有天线的基本结构，它可由并行导体或外包有固体绝缘体的同轴电线产生。

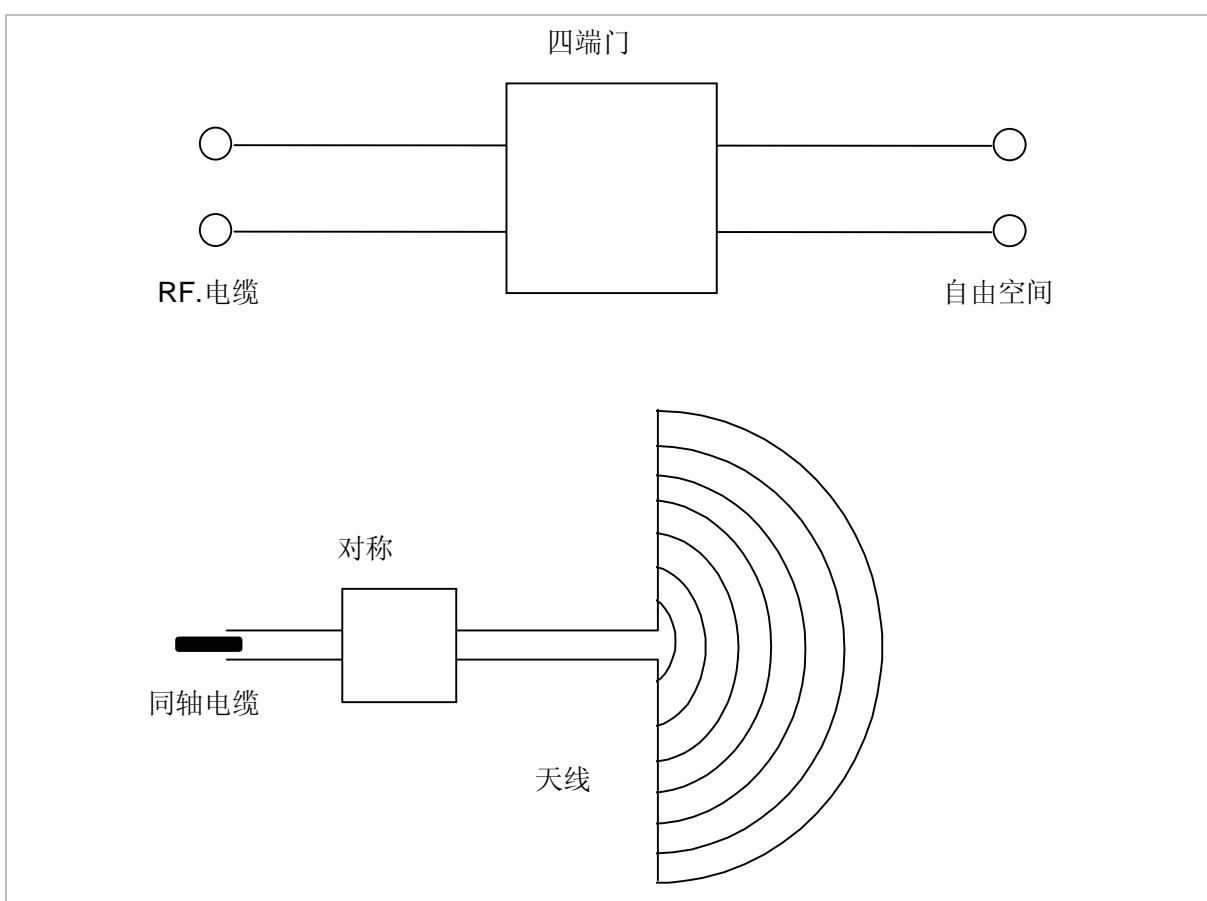
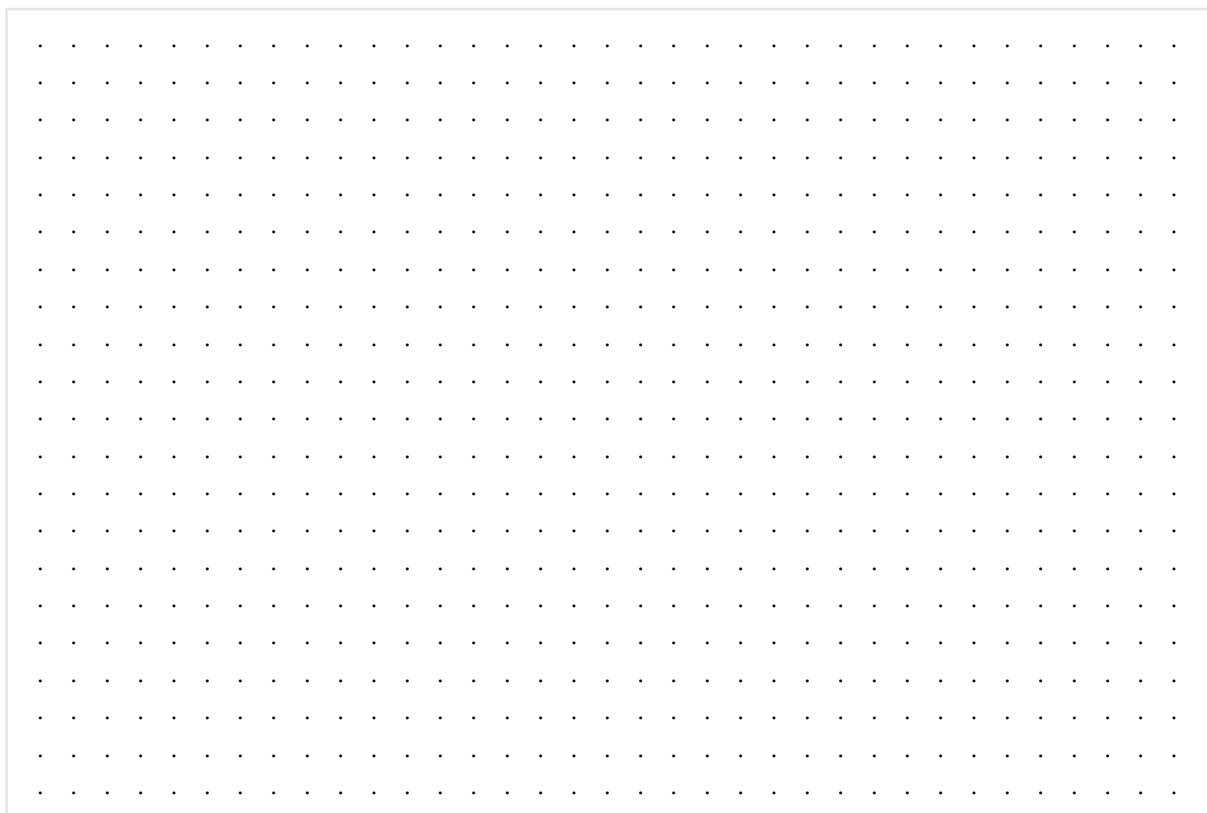


图. 3 四端网络的天线



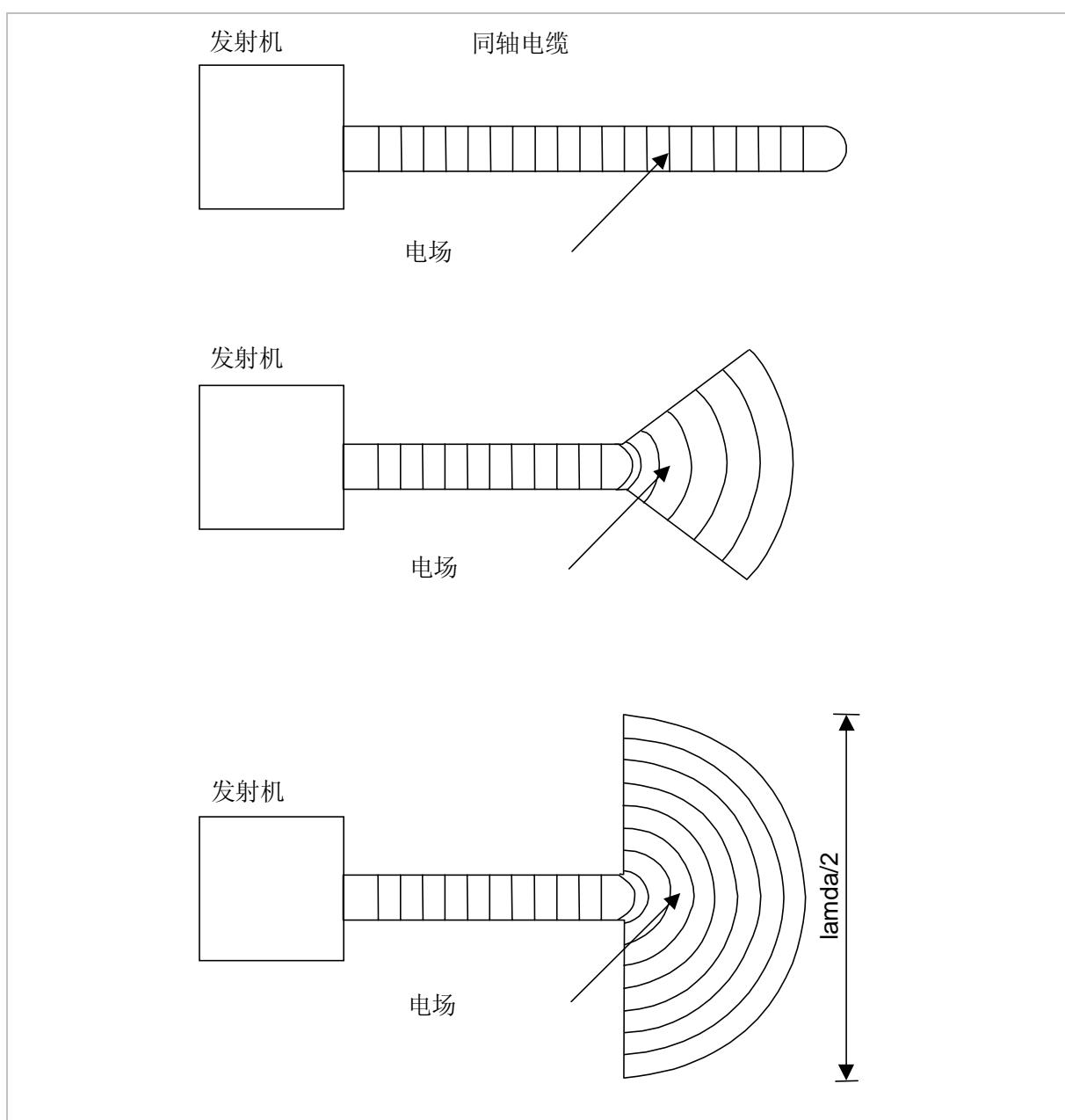


图. 4 从一个两路传输线到天线的演变



电场 (E) 是由电压 (U) 产生，而磁场 (H) 是由相应的电流 (I) 产生，如图 4 所示。

在传输线末端或偶极子单元末端，电子不能更进一步流动，导致电流下降，电压增加。

电场和磁场的振幅也随着偶极子上的对应的电压和电流的变化而变化。

电能和磁能相互之间不停地转变，从而使偶极子放射电场和磁场，产生电磁波。

所产生的电场和磁场互相垂直，并且垂直于电磁波的传播方向 如图 5 所示。

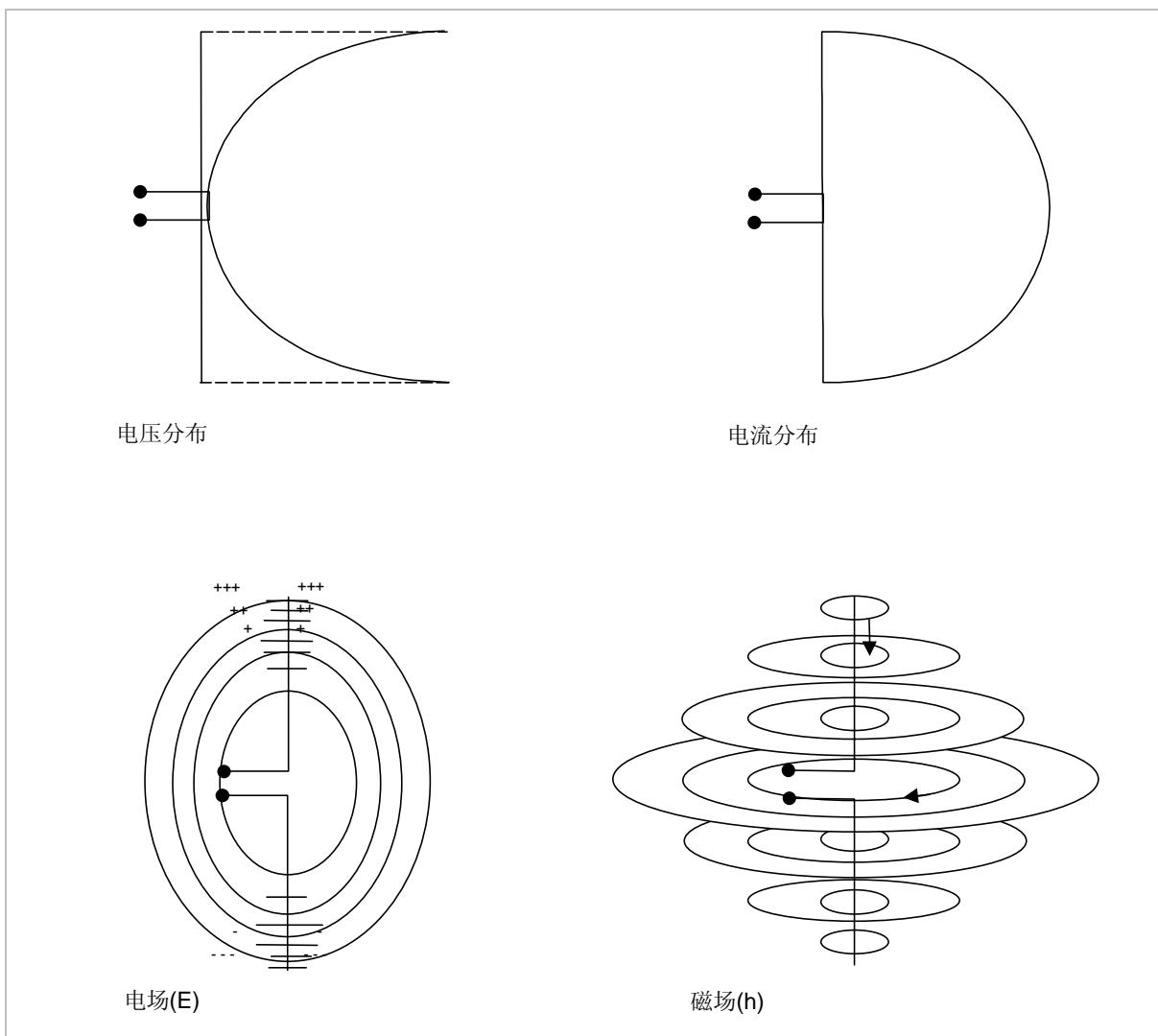


图. 5 一个  $\lambda/2$  偶极子电场和磁场的分布

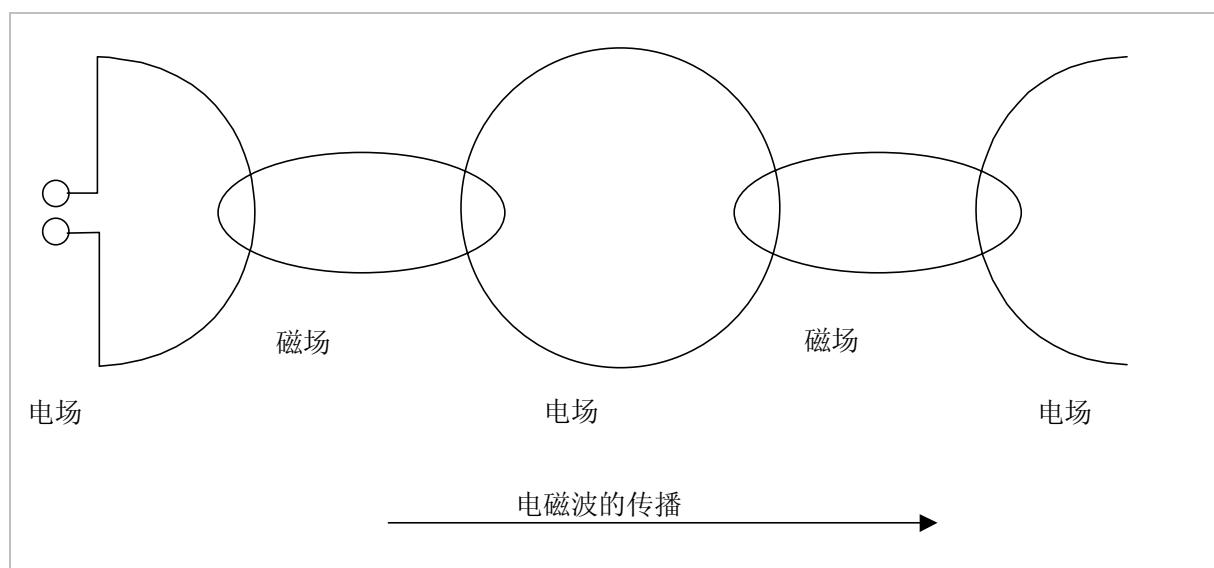
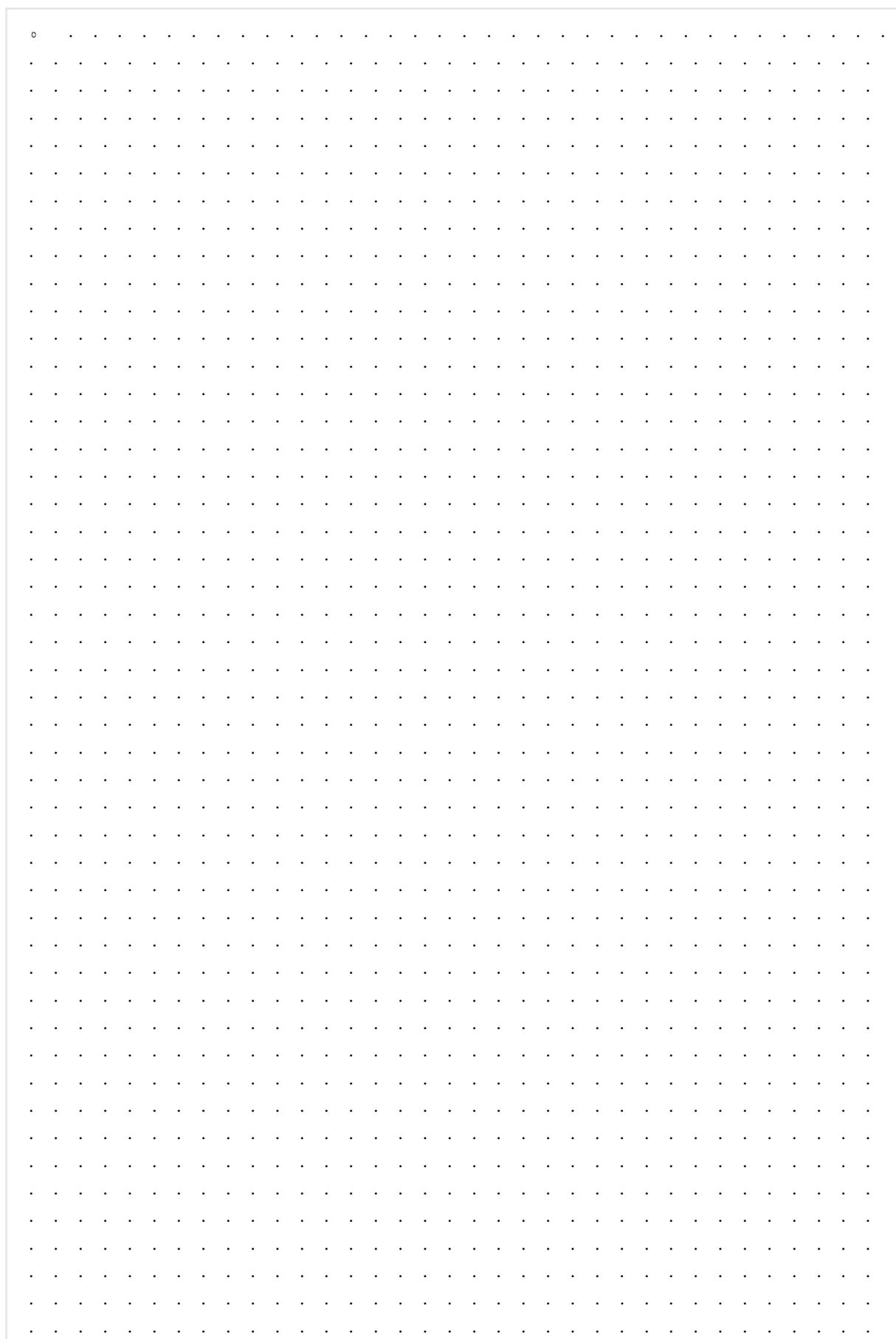


图. 6 电磁波的传播





## 1.3 基本原理



### 极化

电场振荡的矢量的方向称为极化。

半波长的偶极子的极化方向与它的轴的方向相同。如果电力线对地球是垂直的，我们称为垂直的极化。这种情况在移动通信中得到了广泛使用，因为手机使用  $1/4$  波长的垂直天线。

当电磁波遇到障碍反射时，极化方向会变化。因此，接收天线会接收到从垂直方向到水平方向的不同角度的线性极化信号。

在空间通讯中，使用循环的极化来克服在电离层中的移位。一个使用循环极化的电磁波在媒体传播 1 个波长时会变化 360 度的极性。

### 辐射图案

辐射图案是用来描述在一个固定距离内实际的或相关的场强分布图，它可以显示天线系统的方向性。这是一个三维的事物，所以不能在一个平面内描绘。因此，可使用 2 个交叉子部分或平面图组合来描绘：

一个平面图包含平行于天线轴方向 (E-plane 图案) 的类型。一个平面图包含垂直于天线轴方向 (H-plane 图案) 的类型。由于在移动通信中使用垂直定位，所以我们把前者称为垂直辐射类型，把后者称为水平辐射类型。平面图是绘制在以分贝数划分等级的极性坐标纸上。如图 7 所示。

### 半功率宽度（波束宽度）

一个半功率宽度的定义是以天线辐射主方向为轴心线，向两边至辐射功率下降  $3\text{dB}$  的点之间的孔径。如图 8 所示。

水平或垂直方向的波束宽度都是用  $3\text{dB}$  的功率下降点来定义，或可称为半功率点。

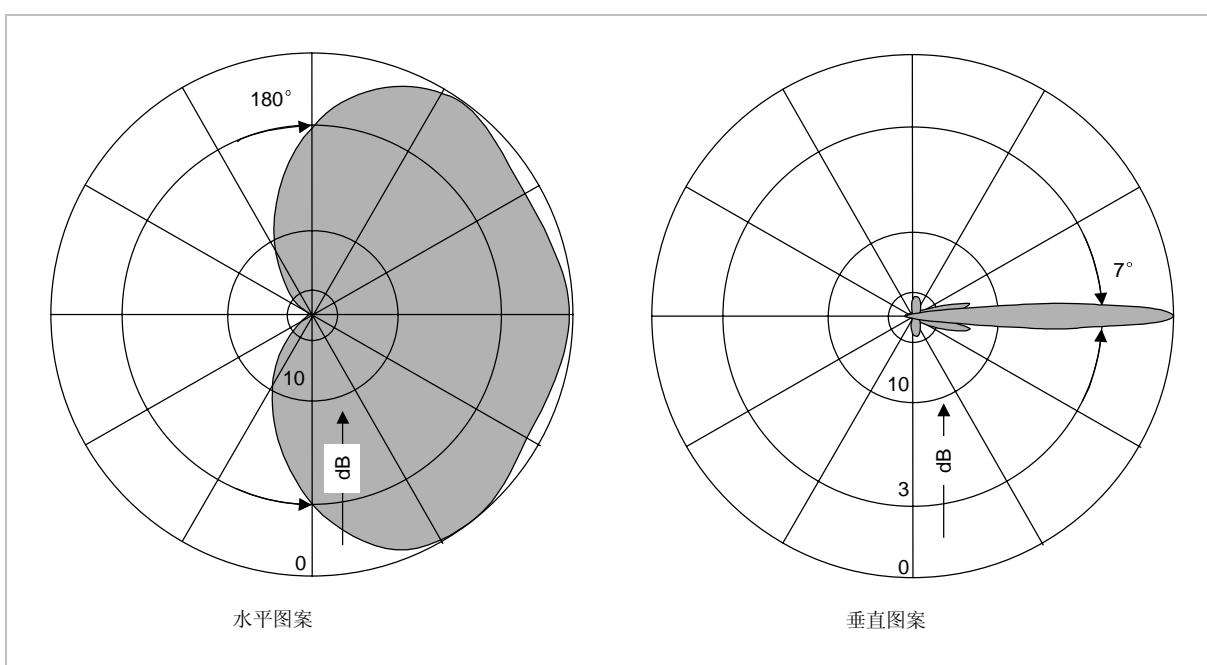


图. 7 一个“实际”天线的辐射图案

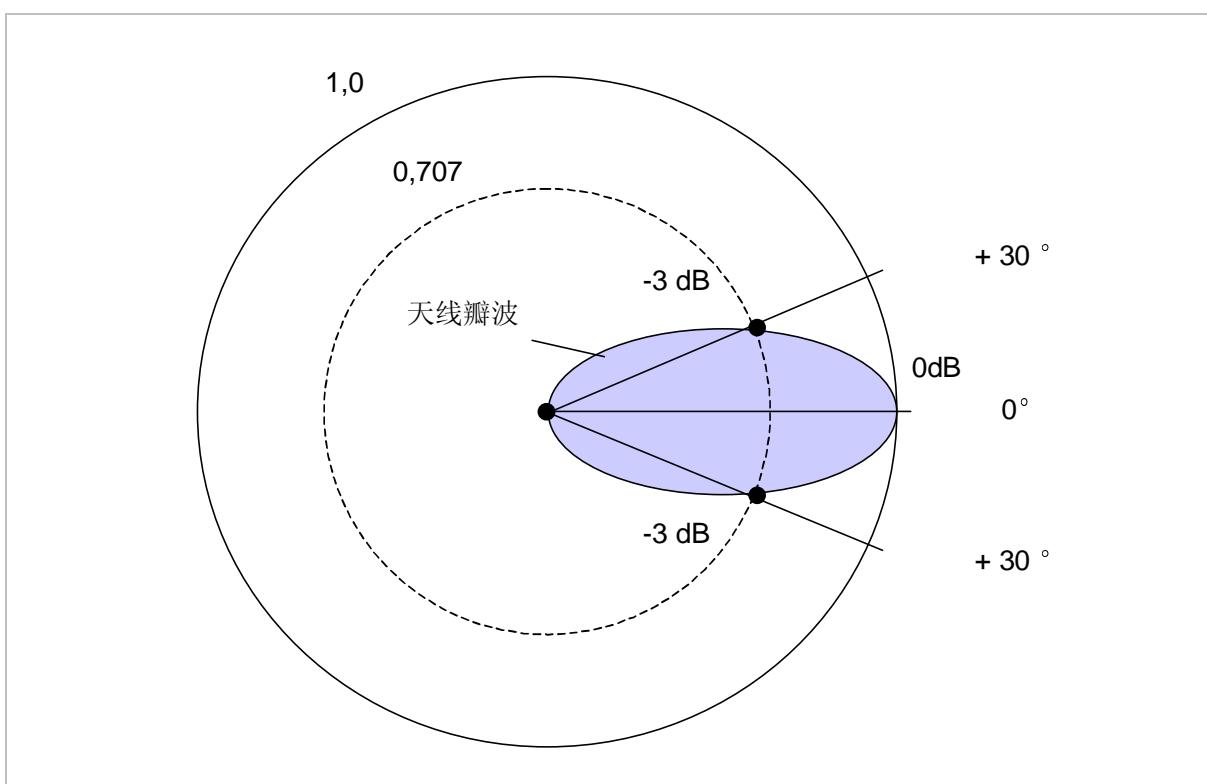


图. 8 波束宽度的定义



## 天线增益

天线的辐射强度在各个方向上是不一样的。这被称为天线的“方向性”。

天线的增益和它的方向性有关，方向性和辐射图案的形状有关。天线瓣波越是“尖锐”，功率的增益越大。功率的损耗会向某些方向集中。

在实际工程中，测试天线的测量数据往往与处于相同高度，相同极性的半波长偶极子的测量数据比较。对于更高频率的情况时，增益值可以参考理论上的（实际不存在）一个各向同性辐射体（E-plane 为球形的辐射图案，如图 9 所示）。

$$\text{Gain (ref. isotropic radiator, dBi)} = \text{Gain (ref. half-wave dipole, dBd)} + 2, 15 \text{ dB}$$

可以通过核对水平和垂直的辐射图案的半功率宽度来近似评估一个天线的增益，如图 10 所示。

## 阻抗

天线阻抗简单地讲就是在天线部分上的电压和电流的比率。由于在天线各点的电压和电流的分配不尽相同，各点的阻抗也不相同，其中馈电点的阻抗最重要，对半波长偶极子天线来说就是天线中央。为使无线电收发器有最佳的功率传送，这点的阻抗应该和馈线电缆的阻抗相同（50 欧姆）。

天线阻抗相关于源频率，该源频率应该与天线长度谐振。对宽带应用，我们经常使用一个匹配网络来补偿电抗和不对称的负荷。

## 机械要求

注意事项：

- 基站天线：高风速，人为的破坏，振动，冰，雪，下雨，腐蚀性的环境，大气的放电，雷电保护。
- 手机天线：具有稳定性，集成性，可抗误操作。
- 车辆天线：高速行驶时风的噪声，震动，汽车的清洗，汽车修理。

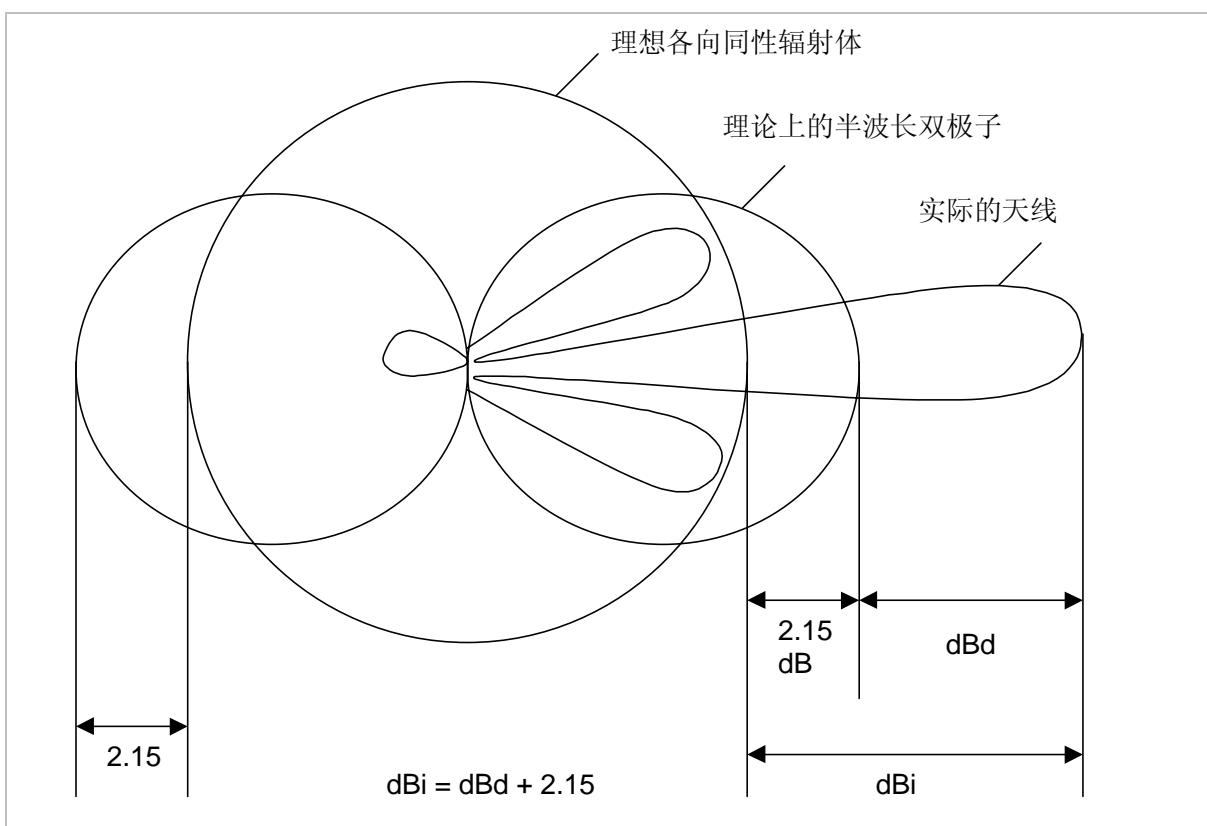
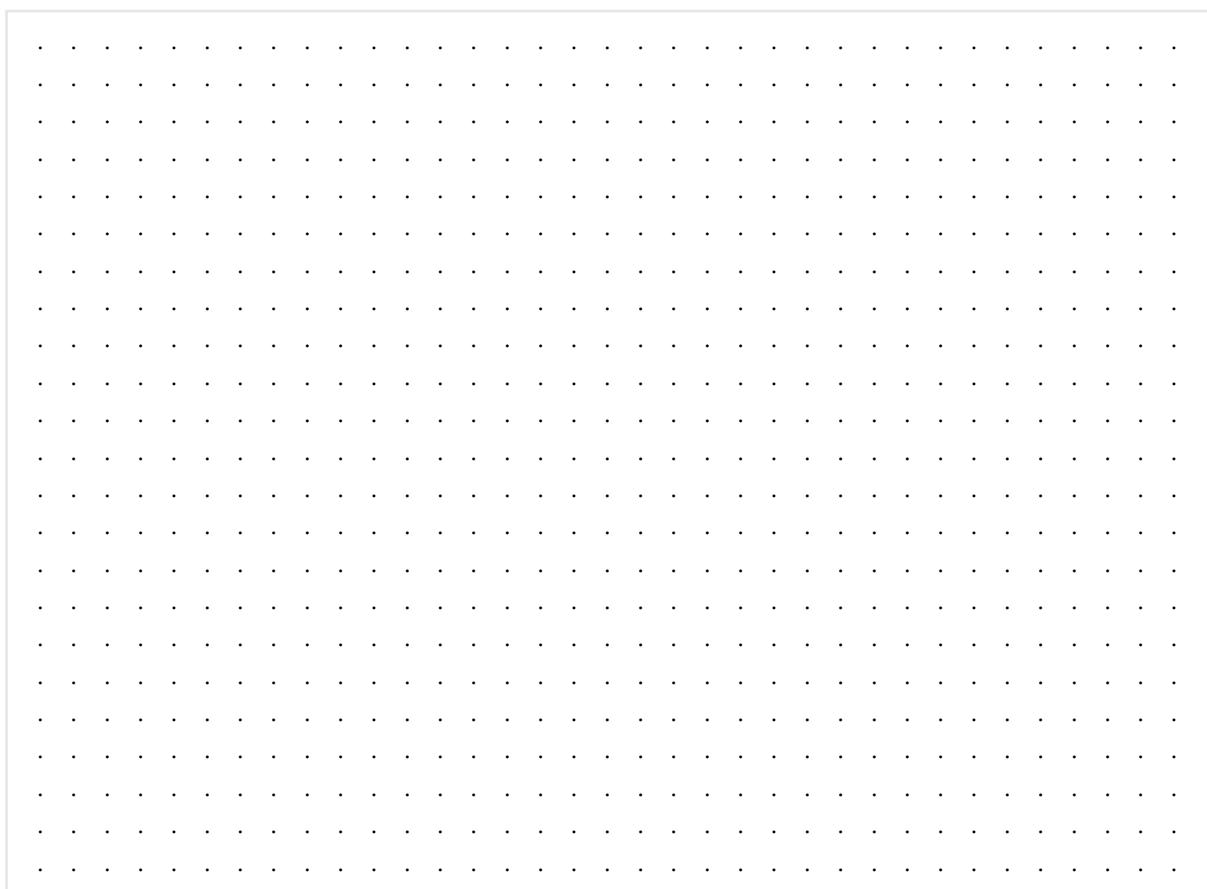


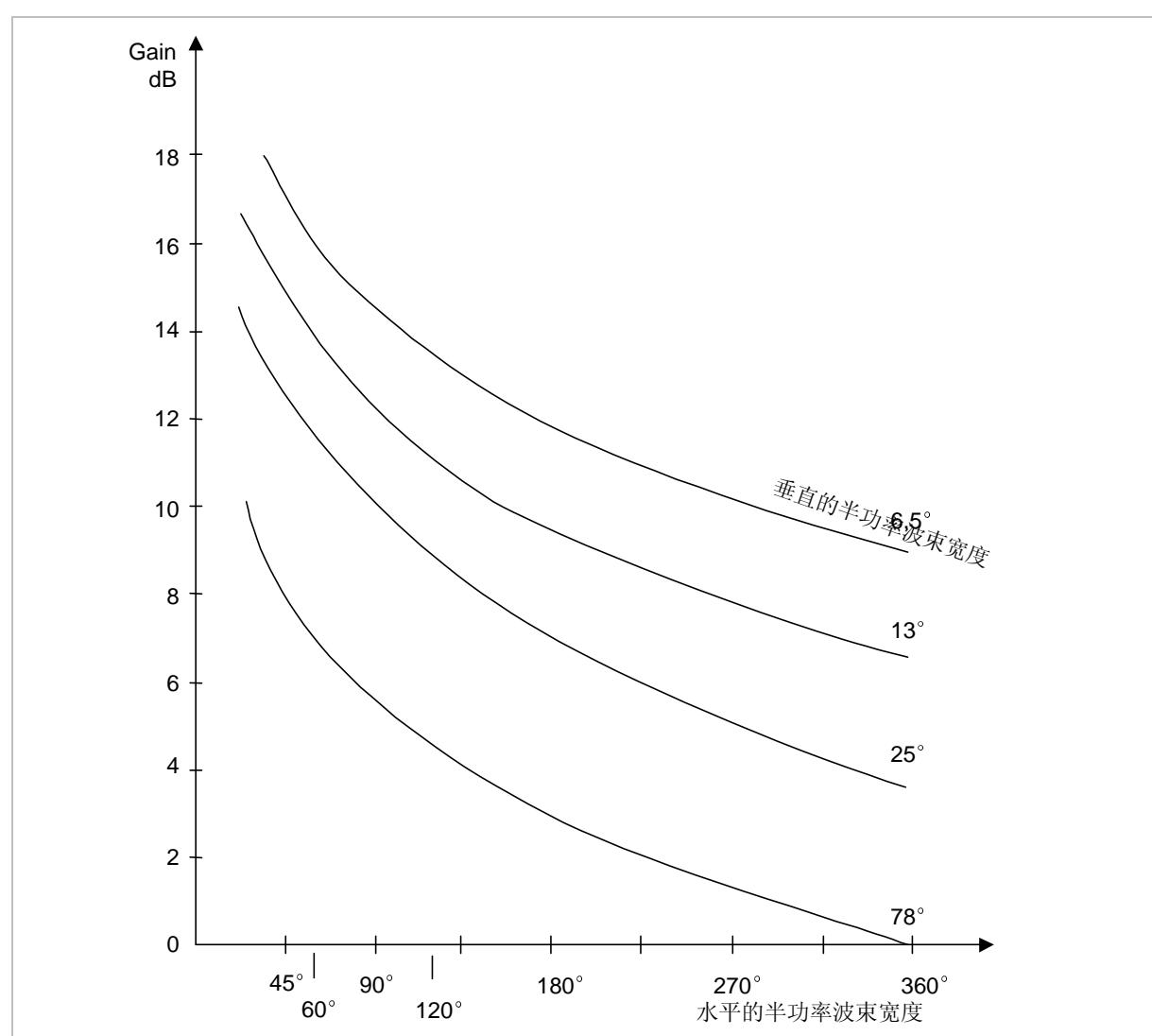
图. 9 一个半波长偶极子和一个各向同性辐射体的增益的比较





SIEMENS

天线





## VSWR /返回损失

在实际中，准确的 50 欧姆的阻抗仅仅在一个频率时取得。 VSWR 定义一个宽带天线的阻抗与 50 欧姆的差别。因为这不正确的补偿，发射机传送的功率会有部分的损失。一部分的功率会从天线上反射回到发射机。（如图 10 所示）。发射出的功率与返回的功率形成一个驻波，伴随相应的电压最小值和电压最大值 ( $U_{min}/U_{max}$ )。波比率（电压驻波比）定义了天线的匹配级别，并且可以由时间间隔检测器预先测量取得。

在移动通信中，VSWR 等于 1.5 是一个标准值。在这种情况下，复杂的阻抗的各部分可以在下列值之间变化：

最大值： $50 \text{ Ohms} \times 1,5 = 75 \text{ Ohms}$

最小值： $50 \text{ Ohms} \times 1,5 = 33 \text{ Ohms}$

现在，我们使用更多的短语是返回损失衰减。因为可通过一个定向的耦合器来测量返回电压和送出电压  $U_R/U_V$  的比率。这个因子定义为反射的系数。图 10 显示了反射系数，返回损失衰减，VSWR（驻波比），反射功率之间的关系。

在基站中，定向的耦合器是天线组合器内置的一部分。如果有太多的功率反射回到功率放大器，后者会由于过热而损坏。因此，必须连续地监督 VSWR（驻波比）， $VSWR \geq 3$  时。PA 将被关闭。例如，当馈线电缆没有连接到天线，或当馈线电缆漏水时，就会产生这种情形。

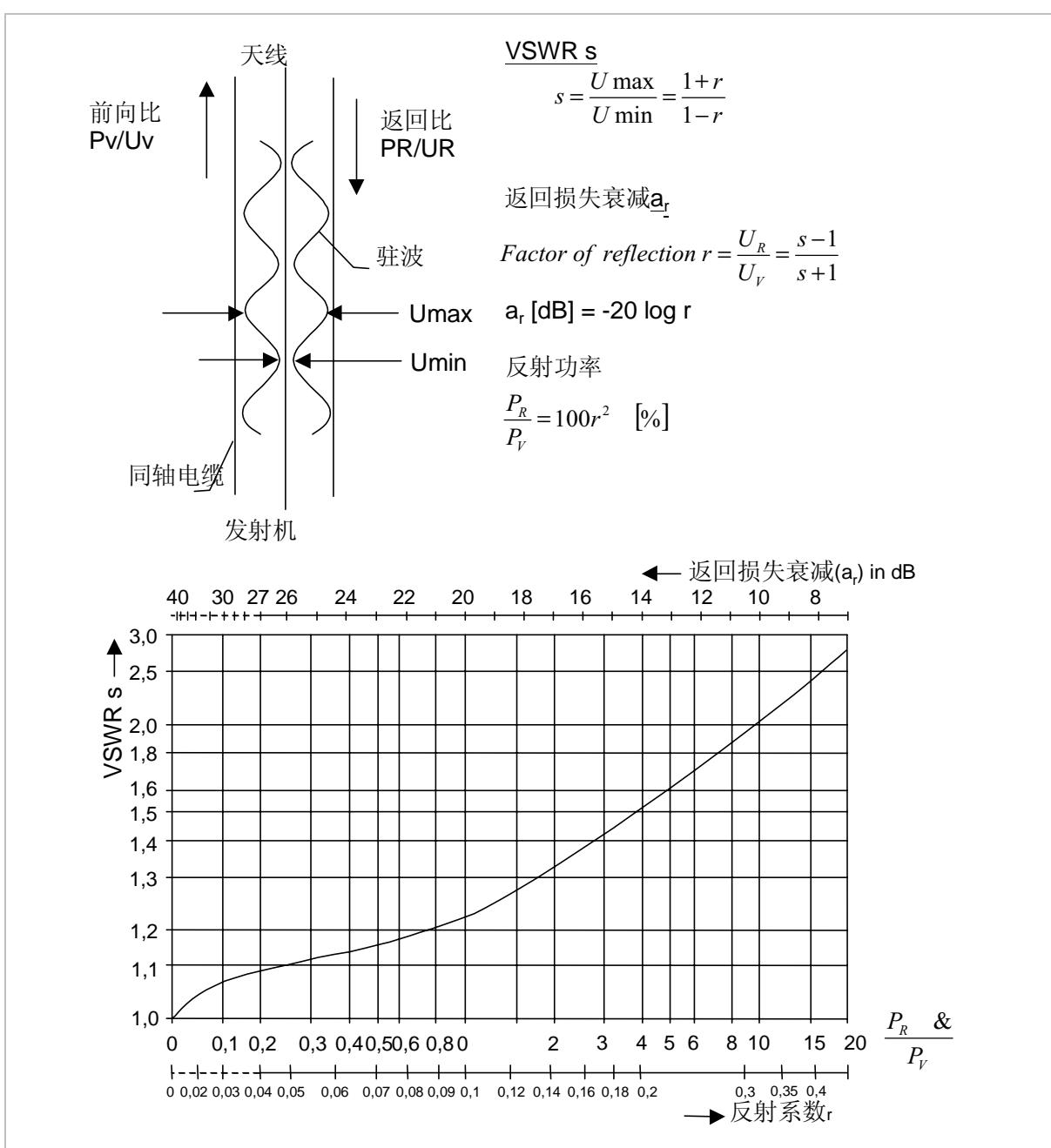


图. 11 VSWR, 返回损失衰减和反射系数



SIEMENS

天线

## 2 在 GSM900/1800 的特殊技术



## 分集

分集是被用来增强移动台到基站的信号强度（上行链路）。造成上行链路的问题主要是移动电话仅仅用低功率和短天线工作。分集应用于基站的接收链路上。

一个发射信号很少经由最直达路由达到用户。接收信号经常是直射波和反射波的叠加（如图 11 所示）。反射波具有不同的相位和极性。

因此会造成在某些位置信号加强，在某些位置信号减弱甚至信号完全消失。某些情况下，接收信号强度可以在若干米以内变化 20–30dB。

在象峡谷一样的街道里，通信经常要依靠这些反射信号。尤其是从大楼，桅杆或树木来的反射信号。因为移动通讯主要使用垂直极化。

### 空间分集

该系统由 2 付空间上相隔一定距离的接收天线组成。一付天线在它覆盖区域内有特定的最大和最小的场强分布状况，而另一付仅相隔若干米的天线有完全不同的场强分布状况。理想情况下，1 付天线的最弱场强处可由另 1 付天线的最强场强处补偿（如图 12 所示）。通过这种方法使平均信号电平改善称为分集增益。

发射天线不采用分集方式，因为这将导致发射特性变差。两付天线在不同的接收路径上独立工作，由基站选择每个信道的信号在哪付天线上更高。首选的是在水平面上的分离（水平分集）。

垂直分集的结果相对要差。

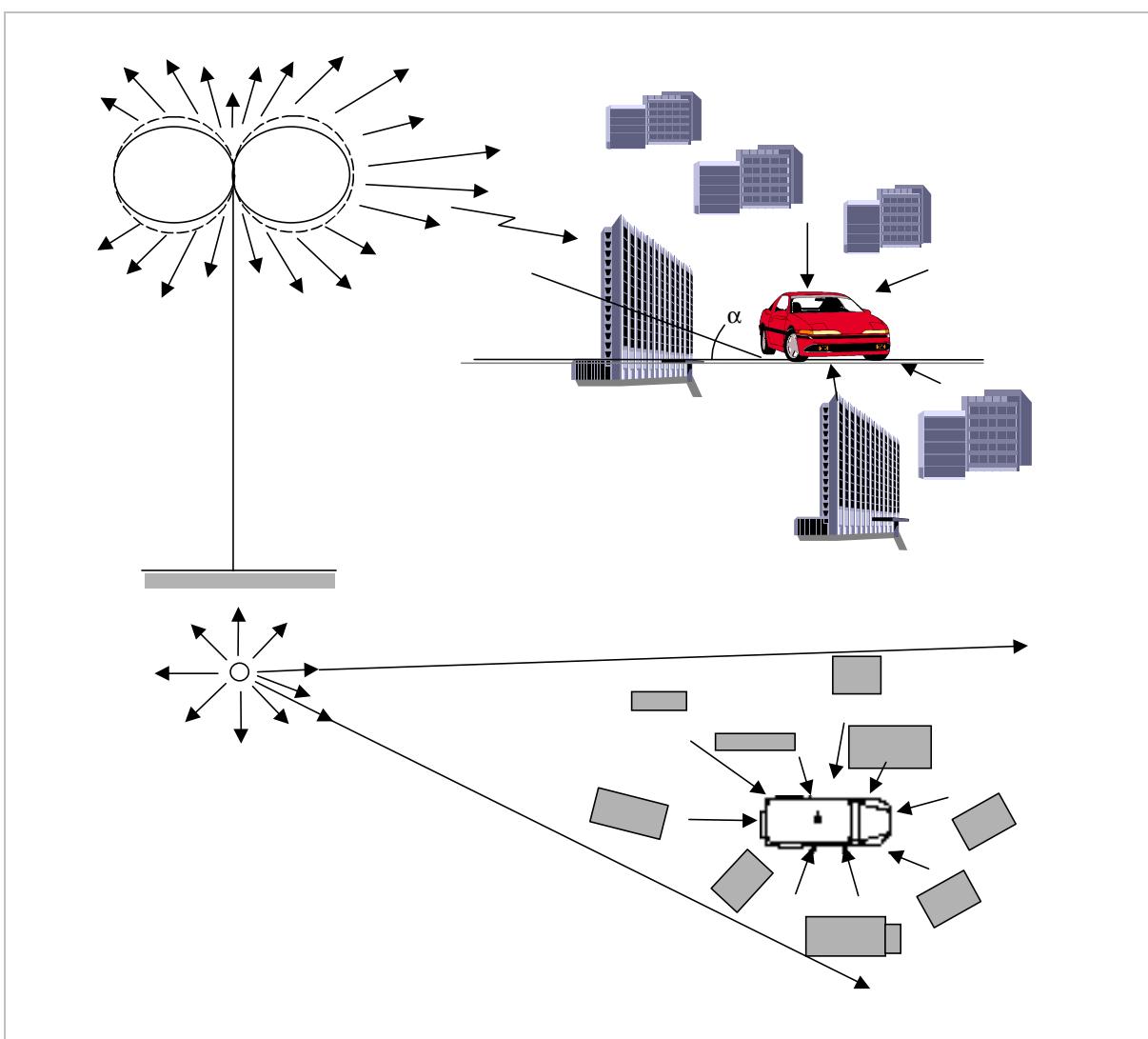


图. 12 多径传播和反射

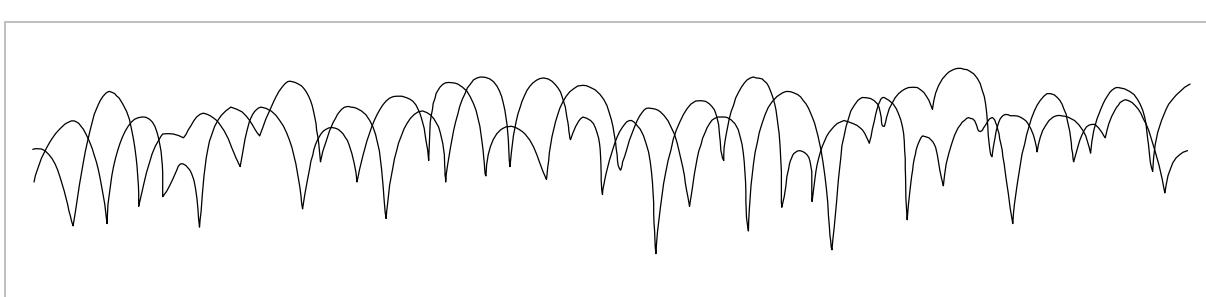


图. 13 使用分集后信号电平的改进



## 极化分集

在城市的区域内产生的反射波的极性不是一样的，如。水平的极化也存在。而且移动电话也不会在使用中严格地竖直放置，因此从垂直极化到水平极化，各个方向上的可能性都存在。因此从逻辑上讲，这些信号也会被使用。空间分集使用 2 付垂直极化的天线作为接收天线，并且比较信号的电平。极化分集使用 2 付互为正交的极化天线，并且比较所得的信号电平。

### 水平极化和垂直极化

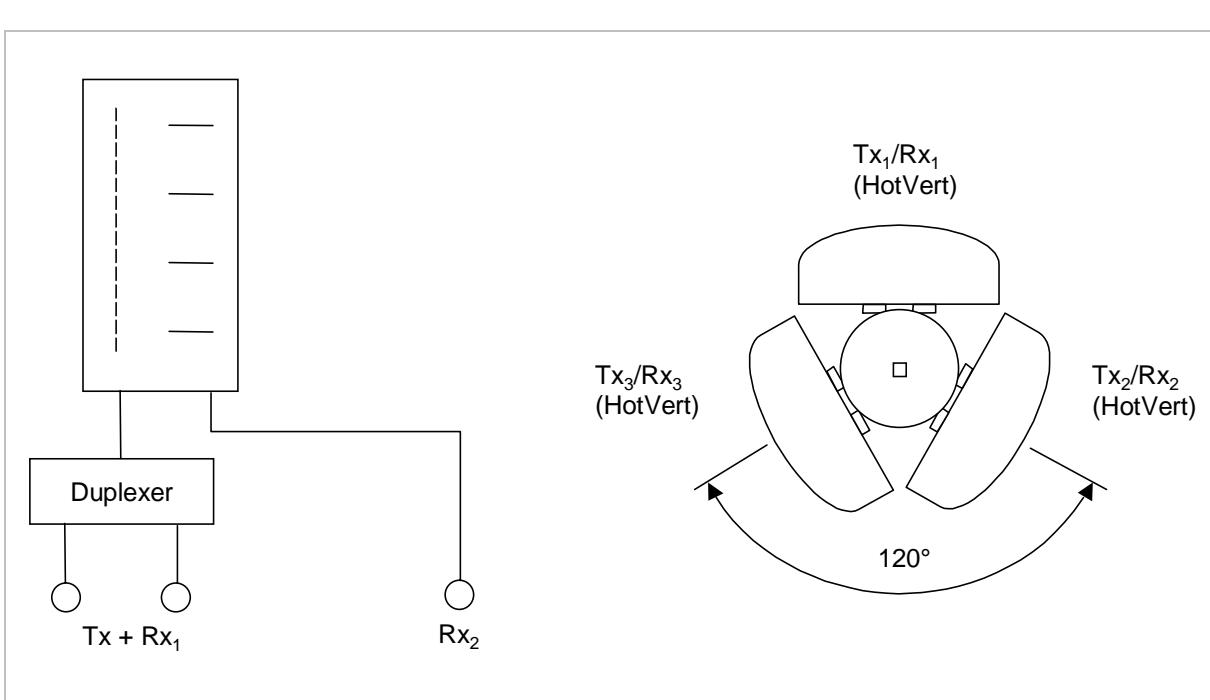
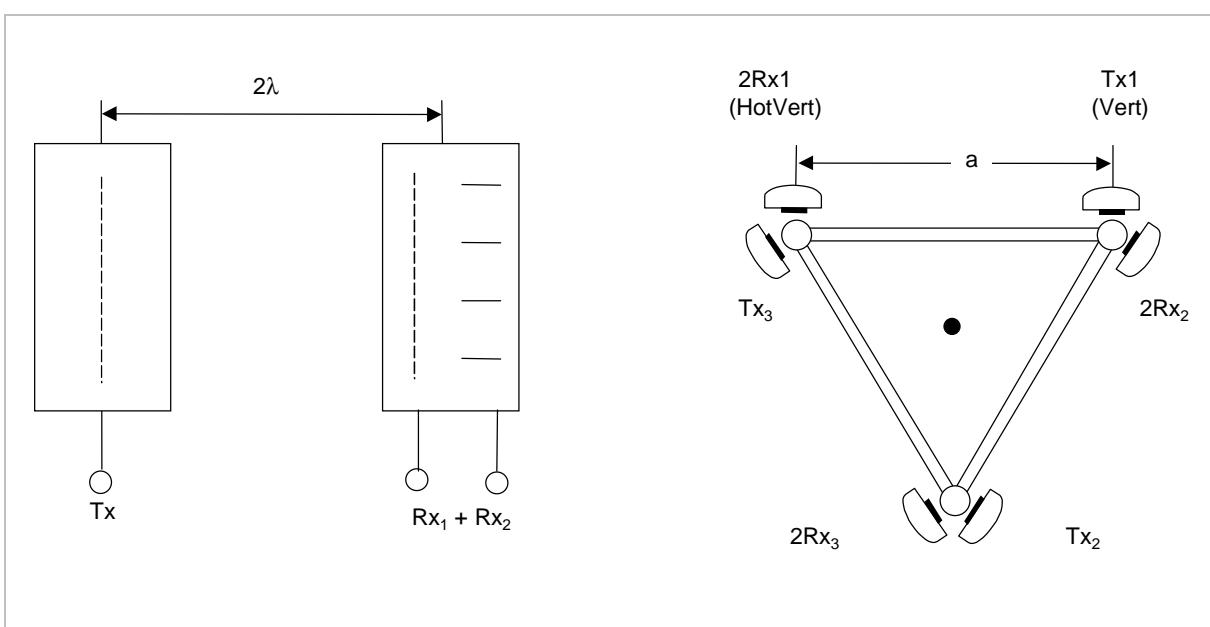
2 付天线系统的偶极子分别进行水平极化和垂直极化。两者都不必要作特殊的分离。这意味着不同的极化偶极子能安装在同一个普通的建筑物上。即使 2 付天线系统是联锁在同一个单元上，也能有效地被隔离开。因此一付双极化天线的尺寸要比普通的极化天线小。

因此双极化天线有下列优点：

- 每扇区仅仅需要 2 付天线：
  - 1 x hor. /vert. 极化分集
  - 1 x vert. 为 Tx (如图 13 所示)

- 在两付天线之间仅仅要求一个最小的水平间距，在一根桅杆上一付天线能并行地安装在另一付天线上面。这使整个的扇区非常的紧凑，从而更容易获得许可。
- 如果双极化天线的垂直极化路径可由一个 Rx 和 Tx 的双工器获得，那么每个扇区仅仅需要一个天线了。这样的话，所有的 3 个扇区的天线能安装在 1 个桅杆上 (如图 14 所示)。

在城市区域里的分集增益与经由空间分集获得的增益一样 (4–6dB)。





### 极化 +45°/-45°

也可以使用在 +45°/-45° 放置的偶极子代替水平和垂直地 (0°/90°) 放置。现在就有了两个同样的天线系统，都能处理水平极性波和垂直极性波。

在开阔地区，这样的组合有一些优点，因为在开阔地区的反射波少，因此水平极化波也少。另一个优点是两个天线系统都能被用来发射。试验显示在发射时，单纯的水平极化比垂直极化效果差。

使用 hor/ver 天线的两个发射频道经由在垂直路径上的一个 3-dB-耦合器组合在一起。用这种方式，两个发射频道的发射功率会减少一半

如果使用交叉极化天线，两种极化都适用于 Tx，系统的结构如图 15 所示。

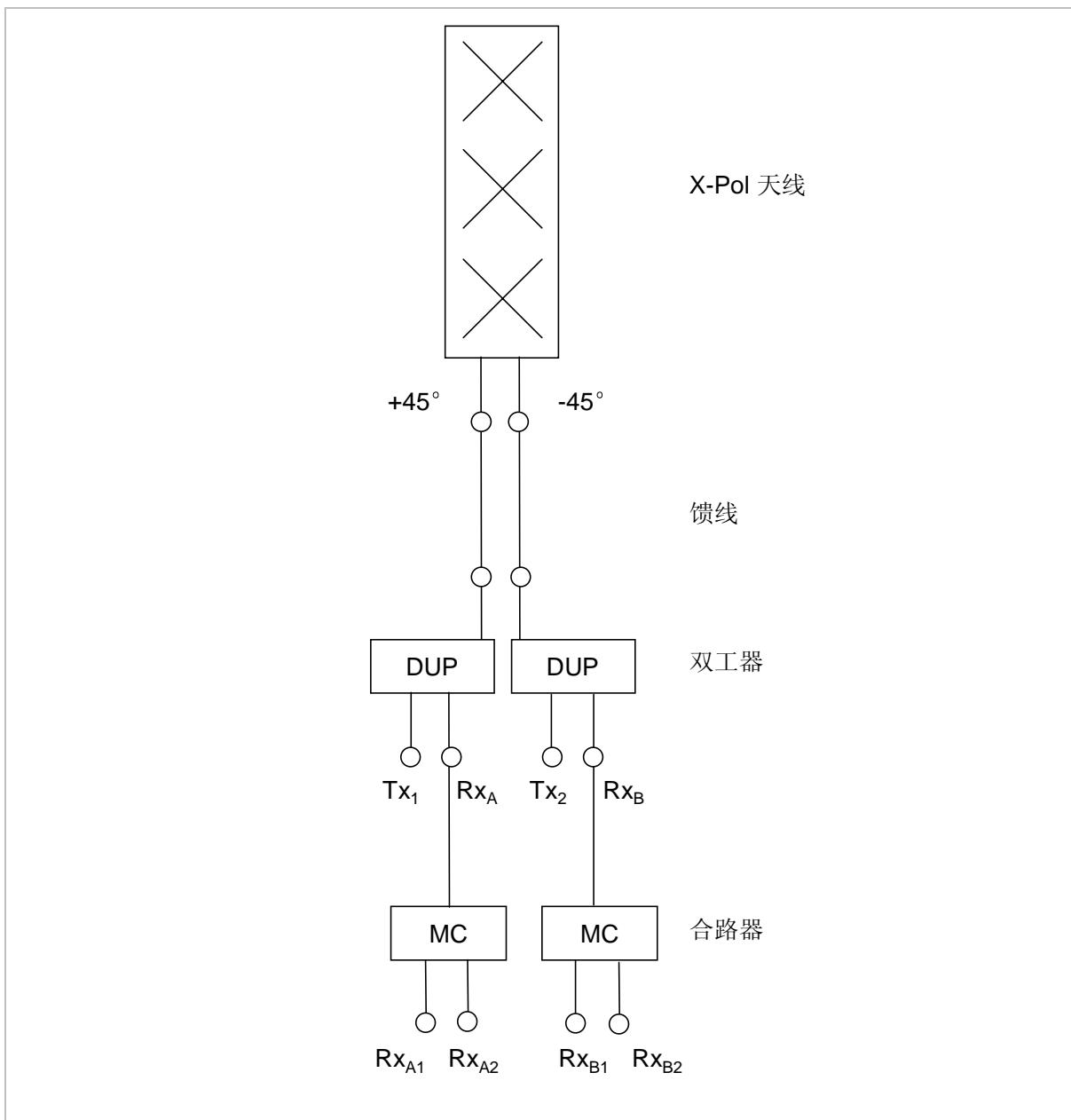


图. 16 X-Pol 天线系统



## 全向基站

典型的 GSM 全向基站由 3 付 天线组成 (如图 16 所示)：

- 一付 发射天线 (Tx)
- 2 付 接收天线 (Rx)

发射天线装在中间并且位置 比较高，以便保证可取得纯净的全向特性。 而且在 Rx 和 Tx 天线之间的干扰可减少 (更高的隔离)。2 付接收天线分隔间距为 12-20 个波长以取得 4-6dB 的分集增益。

## 定向基站

全向基站主要安装在用户数量相对少的区域。 因为容量的原因，在城市区域里，通讯小区被划分为 3 付  $120^\circ$  的扇区。 定向天线就用来覆盖这些扇区。 因为定向天线的隔离度比全向天线高，所以每个扇区的 3 付 天线能安装在同一高度。

λ

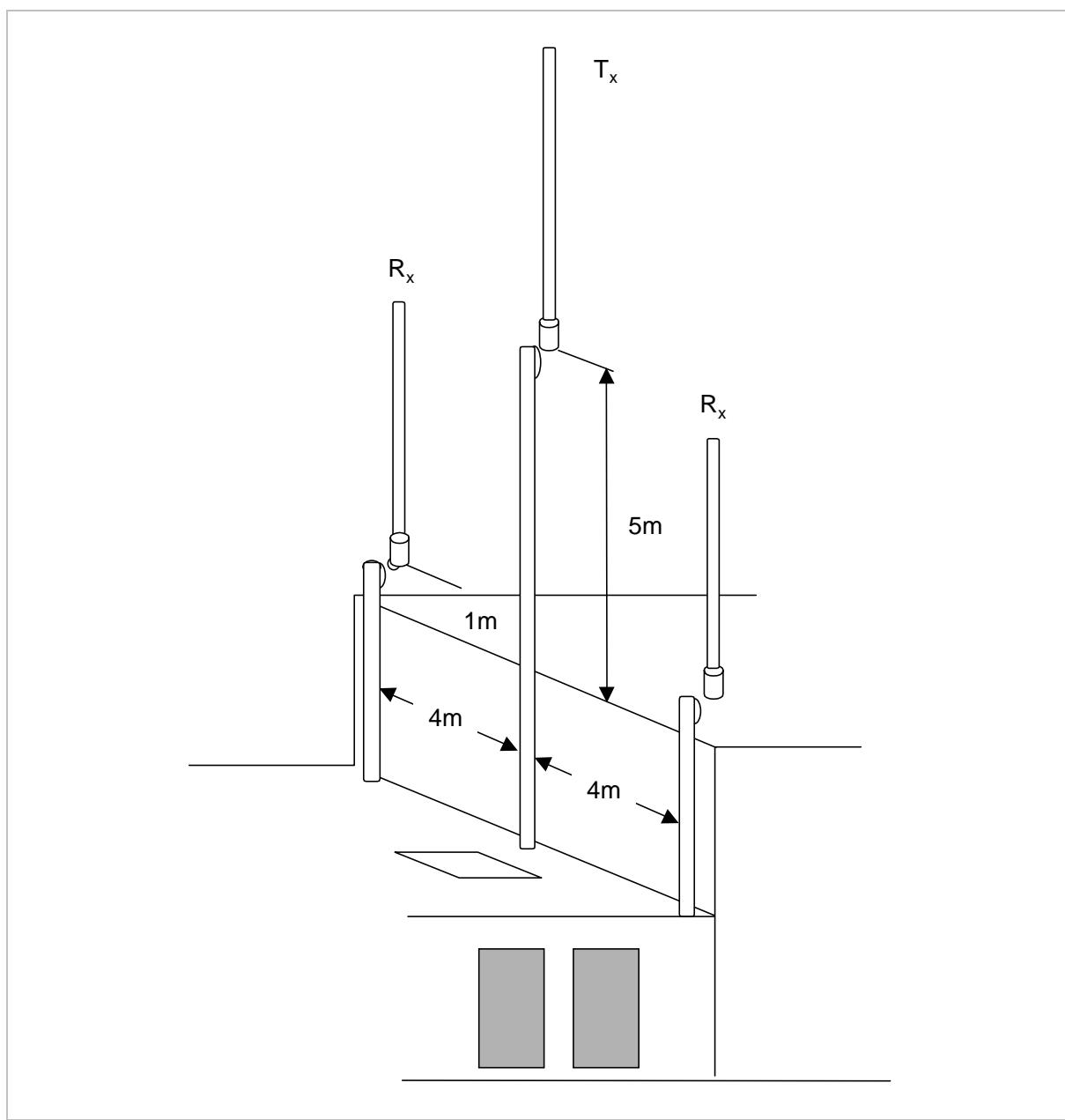


图. 17 全向基站

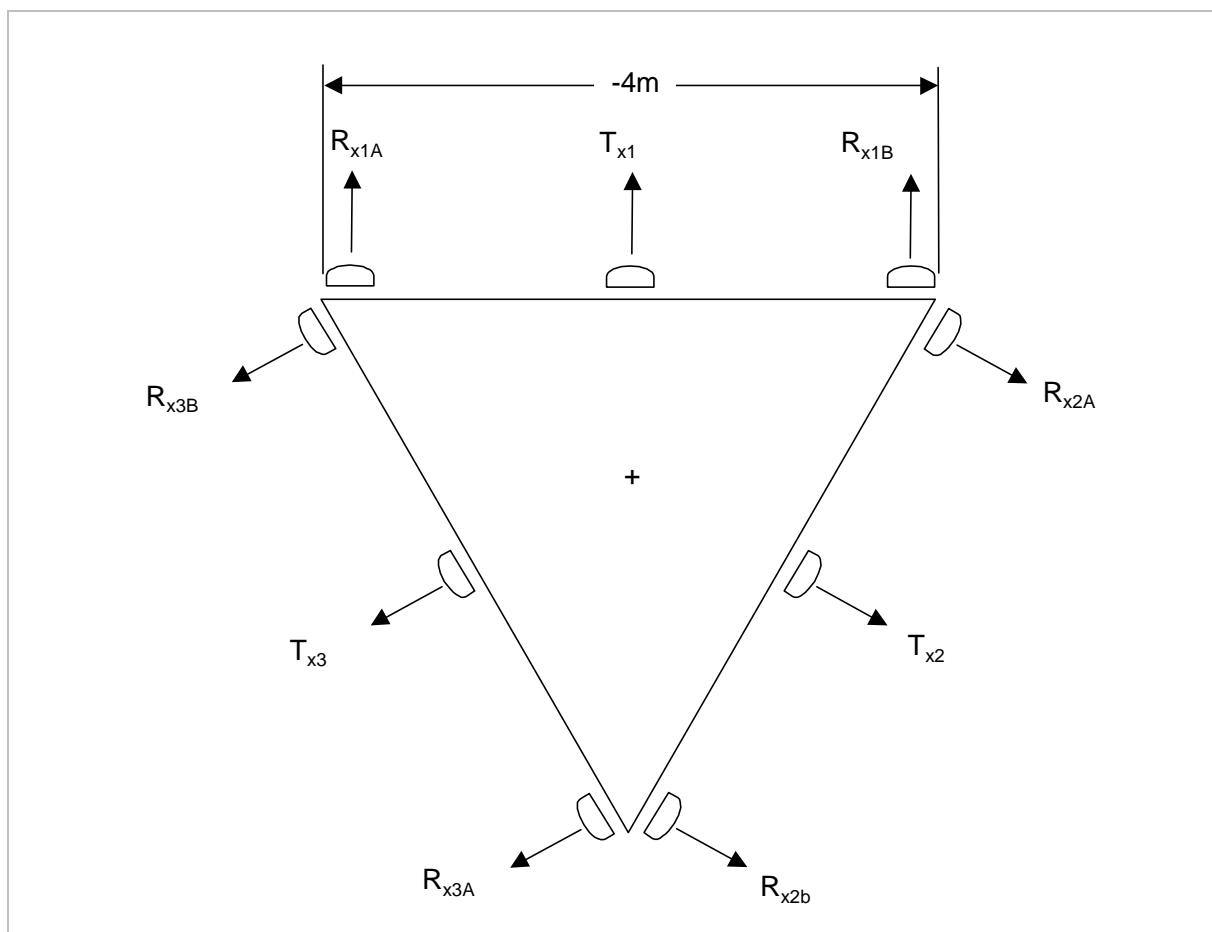


图. 18 定向基站

### 3 天线类型



## 基本的天线类型

每个基站都有发射和接收天线组成自己的天线系统。如果一付天线是无源的，在任何方向获得增益的唯一的方法是集中发射。因此增益不是通过发射功率取得，而是通过把功率集中在一个方向发射来实现。如果这个方向就是通信的方向，增益就可实现。为了实现方向性的天线（即有增益的天线），可使用一个反射器。也可以在一条垂直线上把偶极子叠加，并且在每个偶极子部分发送正确的功率和相位来达到集中发射功率的目的。所有的偶极子结构性地叠加会形成复合场，在有结构性干扰的地方可获得方向性增益。将偶极子单元的数量加一倍，其相应的天线的长度也加一倍；就可以增加 3dB 的增益。

根据想要得到的不同的发射图案，能选择不同类型的天线。下面是移动通信中，基站最常用的天线类型：

- 全向性的天线
- 单向性的天线
- 多路天线系统

### 3.1 全向性天线

全向性的天线，经常被称为全向天线；在水平方向有一个统一的发射图案。而在垂直方向，放射图案被集中了。典型的增益值是 6 到 9 dBd。主要的限制因素是天线的物理尺寸的大小。如，一个 3 米高的全向天线有 9 dBd 的增益（如图 18 所示）。

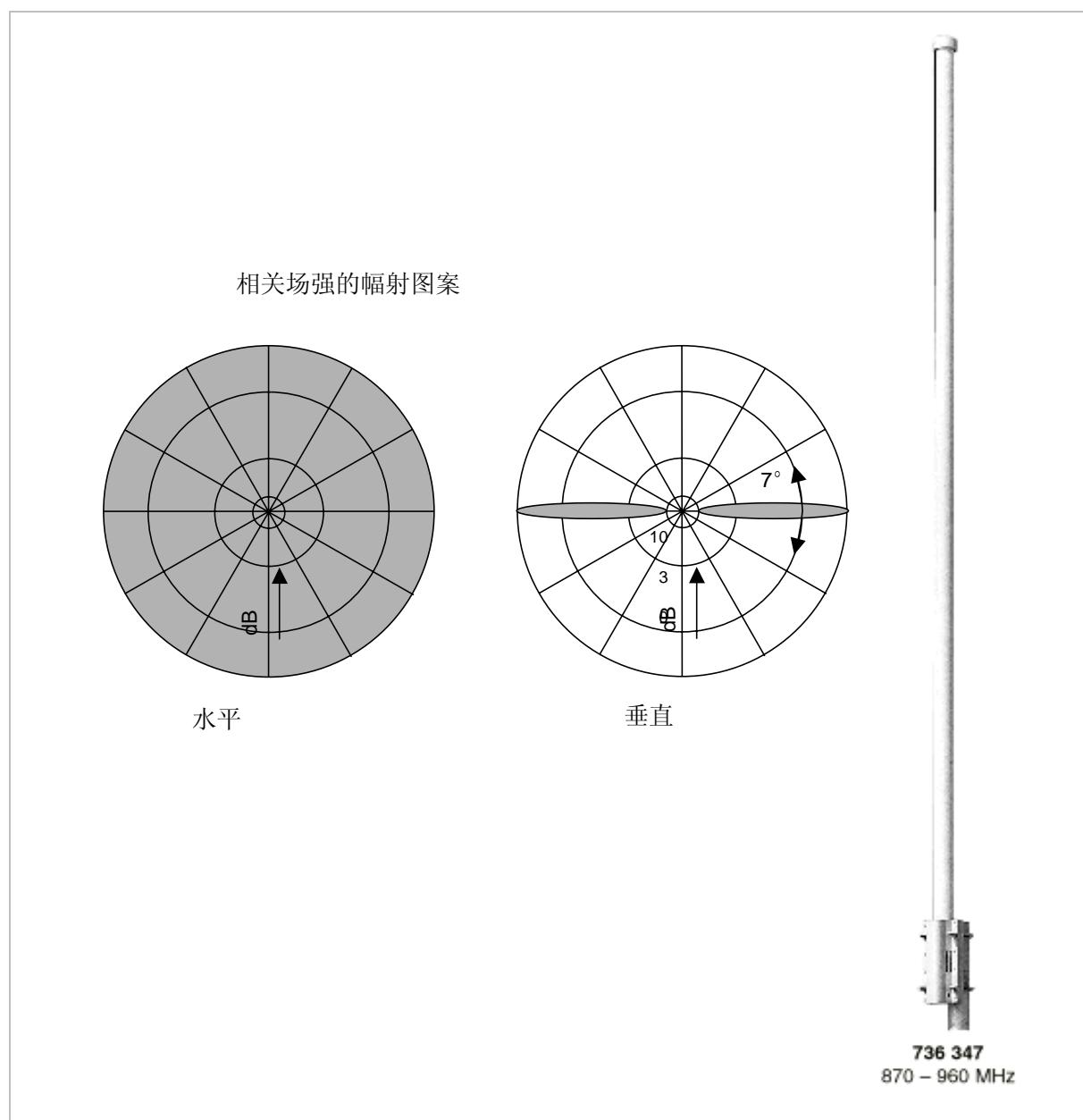


图. 19 9 dB 增益的全向性天线



## 3.2 单向性天线



这类天线没有统一的水平辐射图案和垂直辐射图案，经常在扇型小区中使用。因此他们也称为扇区天线。发射的功率基本集中在一个方向（如图 19 所示）。

由于使用反射器，水平的平面辐射被集中，因此已经实现了一些增益。然而，天线单元也能进行堆栈，就象全向天线一样；用于增加垂直方向的增益（如图 20 所示）

典型的单向性天线的增益值为 9 到 16 dBd。

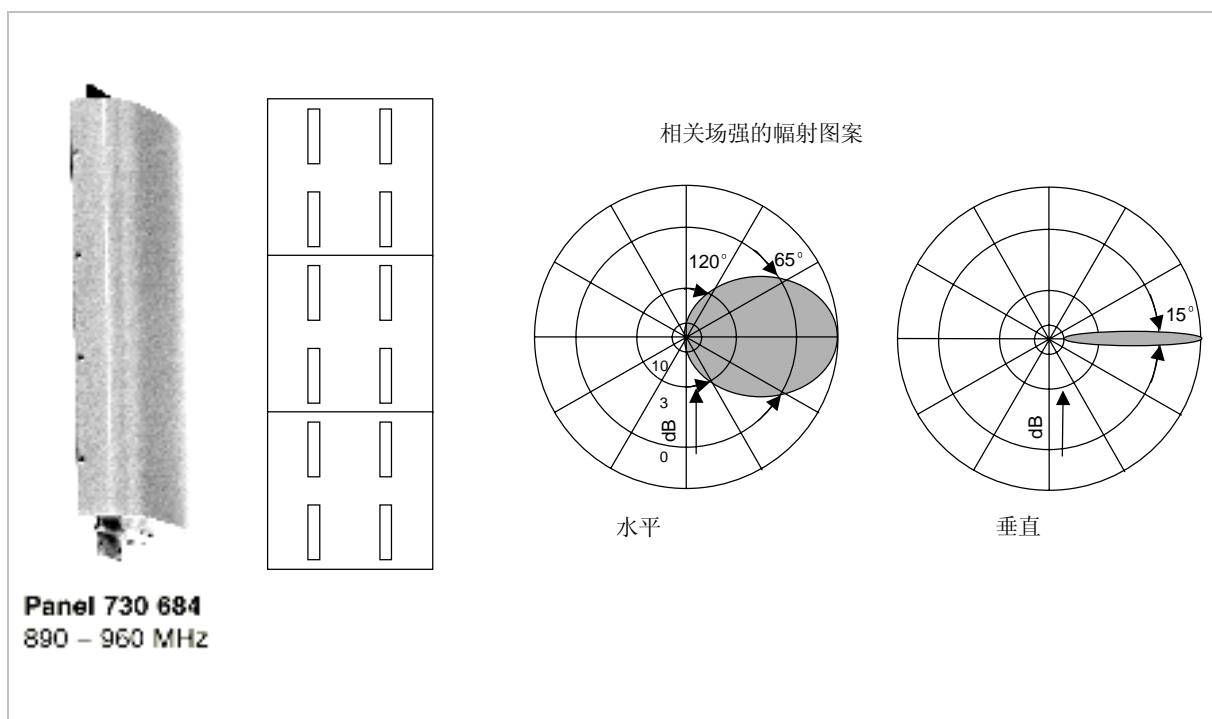


图. 20 面板天线和边角反射天线

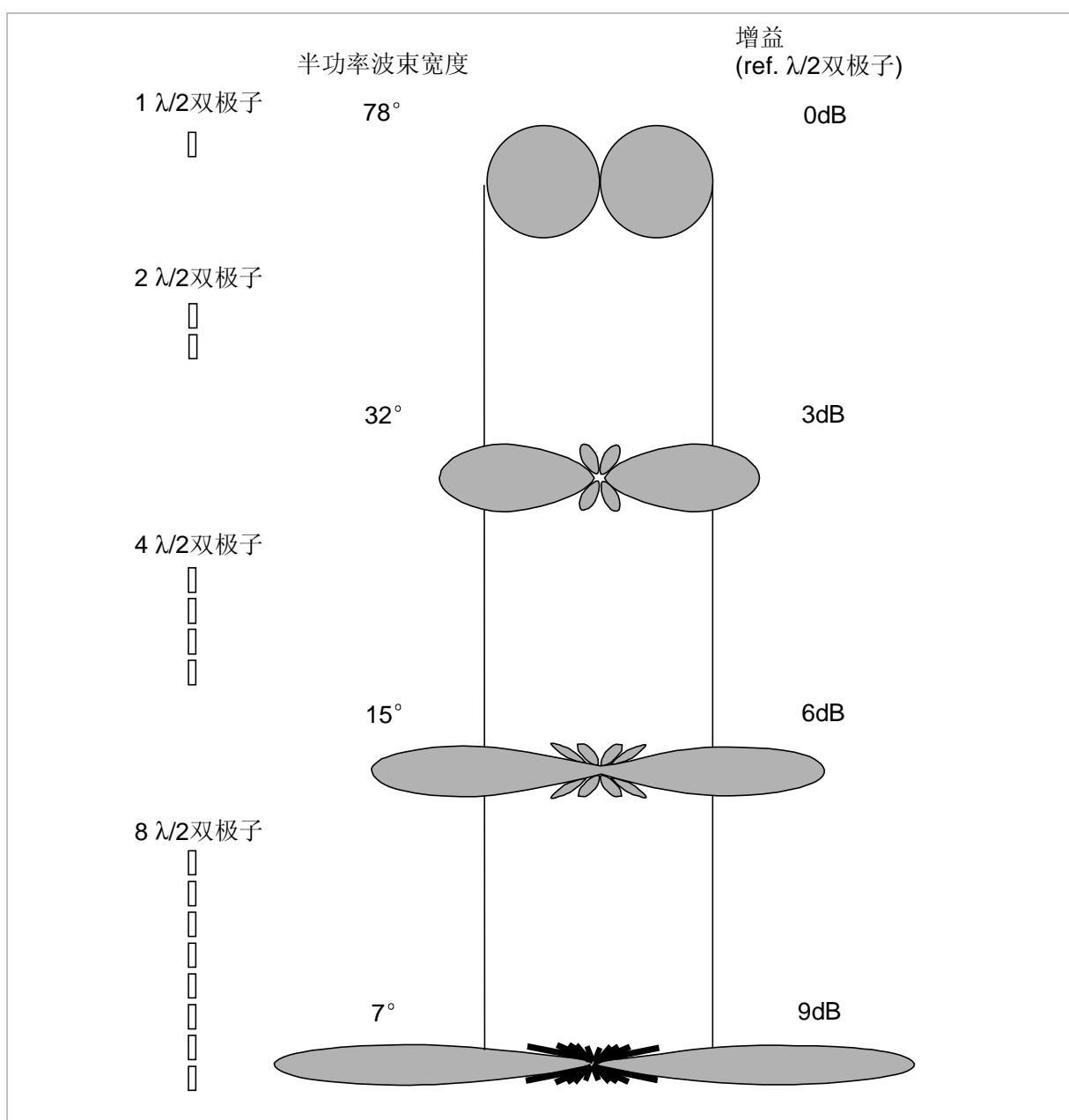


图. 21 经由垂直波束获得的增益



### 3.3 多路性天线系统



如它的名称所示，一个多路性天线系统是一组独立的天线形成的一个组合的放射图案。一个多路性天线系统最简单的类型之一是在一座塔上的相反方向装两个方向性天线，并且通过一个功率分配器馈电。这样设置的目的是用一个小区覆盖一个大的区域。例如，沿着一条道路使用这样的配置会比使用两个小区的信道数少。

多路性天线系统能也被用来形成一全向型的图案。例如，当环绕一大楼或一高大的塔型结构不能使用一个全向天线时。或当为了完成更大的覆盖范围时，需要比全向天线系统所能提供的更大的增益（如图 21 所示）。

典型的增益是由于使用功率分配器，独立的天线上所获得的补偿增益（3 dB）。

### 3.4 天线倾斜

当天线垂直安装时，天线辐射图案的主波束将沿着天线中心开始展开一条水平线。

对于其它问题产生的原因，例如邻频干扰和时间扩散问题，就和天线的倾斜有关，让主波束向下倾斜一些可改善这些问题。

天线向下倾斜应该十分小心，因为小区图案被扰乱了，还可能生成无法预知的反射和折射。小区覆盖的范围也会减小。

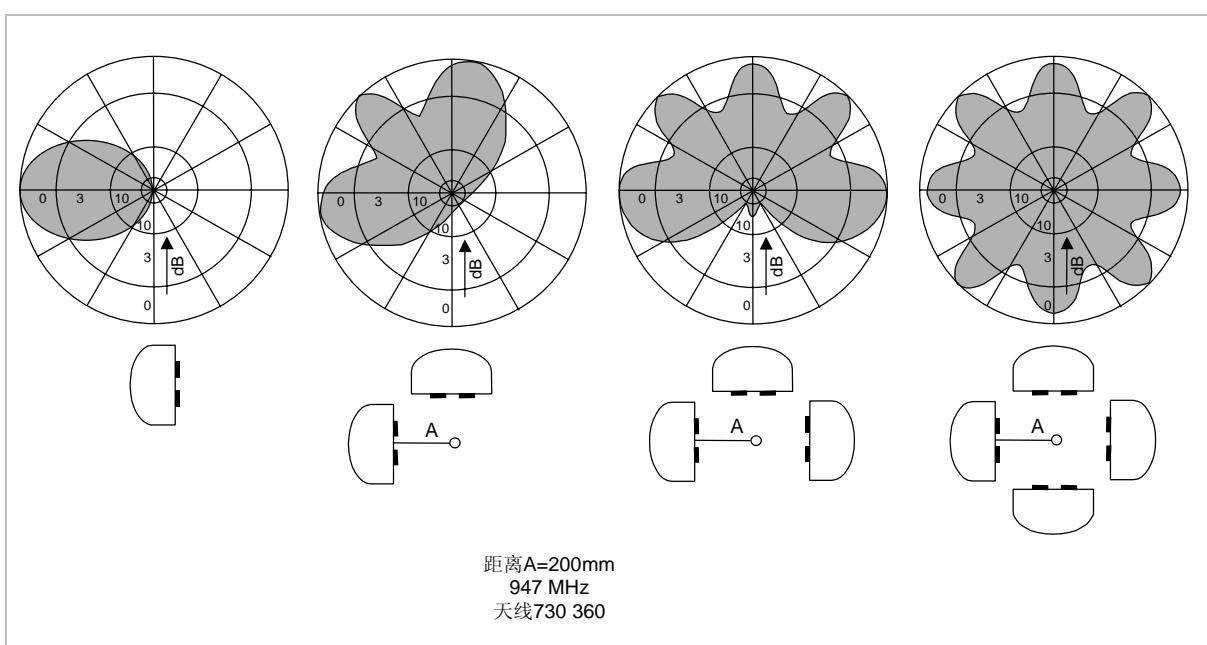
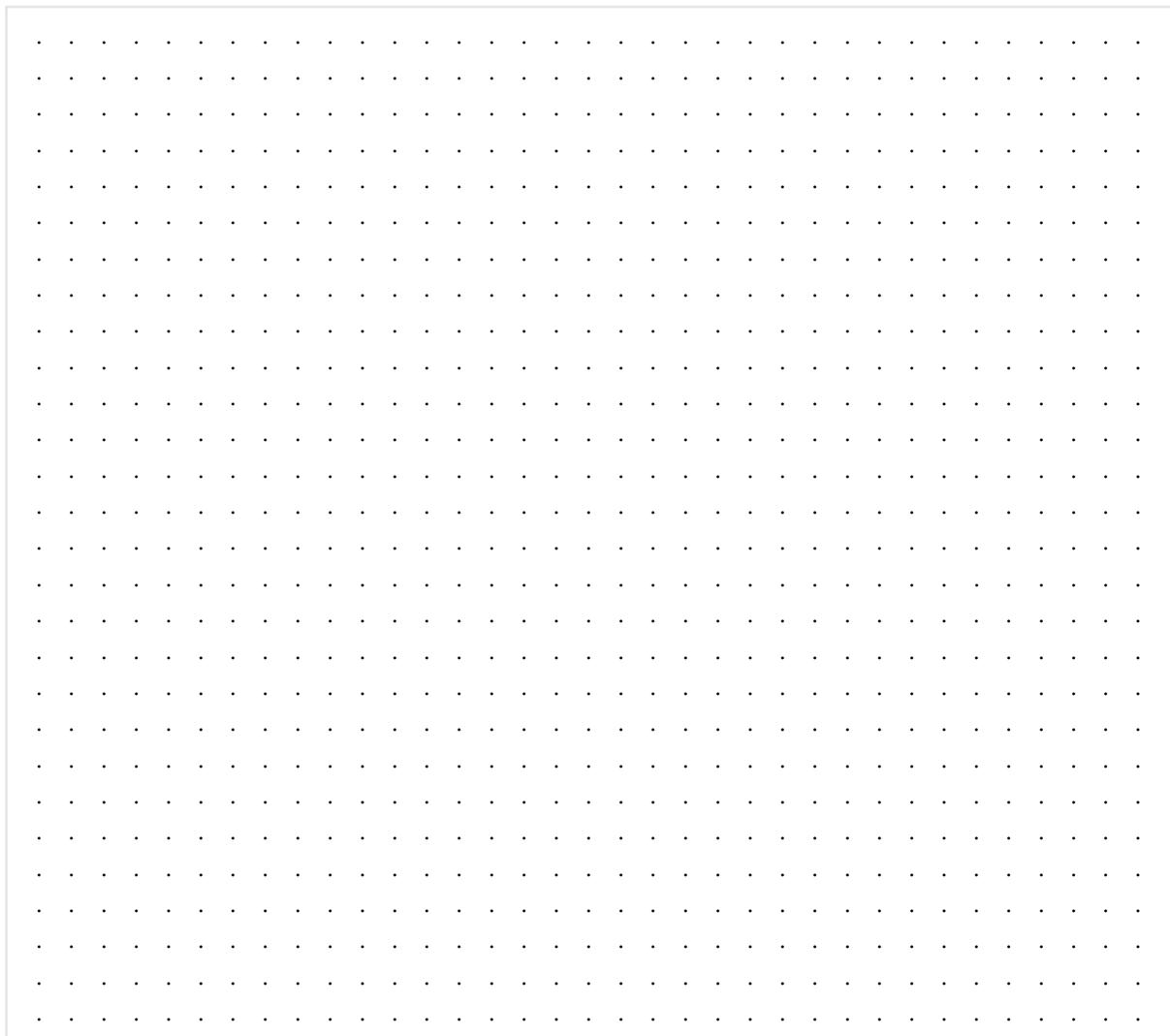


图. 22 方向性的天线系统





SIEMENS

天线

## 射 频 和 天 线 设 计 培 训 课 程 推 荐

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com))，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表：<http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>

---



### 射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材；旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习，能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

---

### ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程，共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解，并多结合设计实例，由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS，迅速提升个人技术能力，把 ADS 真正应用到实际研发工作中去，成为 ADS 设计专家…



课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>

---



### HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程，是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装，可以帮助您从零开始，全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装，更可超值赠送 3 个月免费学习答疑，随时解答您学习过程中遇到的棘手问题，让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

## CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出，是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装，所有课程都由经验丰富的专家授课，视频教学，可以帮助您从零开始，全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装，还可超值赠送 3 个月免费学习答疑…



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



## HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

## 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…



详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验，
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授，结合实际工程案例，直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>