

移动通信 基站的天线

李海军 贵州移动安顺分公司

TN82 B

【摘要】本文从工程实际出发，介绍了在移动通信的不同环境中选择各种类型天线的原则，以及如何进行天线的合理安装和如何通过调整天线来优化无线网络的方法，对充分利用基站资源具有重要意义。

天线是一种能量转换装置，作为移动通信不可缺少的重要部分，其基本功能是辐射和接收无线电波。发射时，把高频电流转换为电磁波，接收时把电磁波转换为高频电流。

最基本的天线辐射单元是半波振子及半波微带天线。

表征天线特性的参数主要有方向图、增益、输入阻抗、驻波比、极化、双极化天线隔离度及三阶交调等。因篇幅所限就不一一介绍，下面讲讲天线具体的选择与安装。

1 基站建设时天线类型的选择

天线类型的选择，应根据覆盖区域的地形地貌、地理环境、房屋结构、用户密集程度及基站站点位置等诸多因素来综合考虑，只有这样才能使覆盖区域的室外、室内都达到良好的覆盖效果。同时一定要避免诸如乡镇基站全部采用全向天线的千篇一律的建设思路。以下是天线选择的一般参考原则：

(1) 全向天线

垂直面波瓣较窄，水平面波瓣为一个圆。这种天线由于不好控制波瓣的下倾角，仅适用于话务量不高，且需大区制覆盖的基站。

(2) 一分三功分定向天线全向基站

用定向天线采用一分三功分器来近似全向覆盖，可以通过调整下倾角，较方便地控制各个方向上的覆盖距离，适用于话务较低，但需控制覆盖面的地方。

(3) 一分二功分定向天线

采用一分二功分定向天线，适用于话务量不太高，覆盖面需控制的线形区域（如覆盖公路、铁路）及半圆形区域（如在漫游交界边缘处）。

(4) 中增益(15dBi)单极化定向天线

该天线增益适中，垂直面半功率角在14-16°之间，在覆盖距离较近时，采用此天线可使覆盖区内的能量较均匀分布。另外，天线尺寸及重量适中、易安装及调整倾角，适合在大城市、基站密集地区使用。

(5) 高增益单极化定向天线

该类天线增益在17.5~19dBi之间(65°半功率角),垂直面半功率角7~10°,天线尺寸在2~2.5米之间。由于天线增益高,垂直面半功率角较窄,适合于在需大区域覆盖且有较高话务量的小型城镇。

(6) 双极化定向天线

±45°双极化天线利用极化分集原理工作,其目的是节省天线安装空间,其分集效果与相同增益单极化天线空间分集相比,在建筑密集的大城区,与空间分集相差不大,而在较空旷的区域,极化分集比空间分集效果差2~4dB。

(7) 电子调下倾角天线

采用电子调下倾角天线是通过电信号调整天线的相位来实现天线波瓣图下倾,使天线辐射信号在空间的各个方向同时向下收缩,这样,即可以克服机械调下倾产生的覆盖图畸变,又可使所需覆盖区域的信号相对较均匀,并在各个下倾角信号保持天线的正常覆盖图形。

使用电子调下倾角天线的优点及给网络带来的实际贡献:

- A. 容易控制小区覆盖半径;
- B. 使覆盖区内的信号均匀分布;
- C. 保持水平面的覆盖图形,大角度调下倾角后,方向图不会畸变;
- D. 减小无线干扰,降低掉话率;
- E. 改善话务不平衡,提高网络接通率。

①连续可调电调下倾角天线

采用电调下倾角天线可以使天线垂直面方向图下倾时,水平面方向图不会产生畸变。但该天线的优点在于方便对天线下倾角的调节,在基站上通过电调设备就可以对天线下倾角的调节,而无须再到天线上进行机械调整倾角,可提高网络结构改变时天线调试的效率,方便对基站进行优化,但需建立完整的天线倾角资料。

②固定角度下倾角天线

对于15dBi天线来说,其半功率角在14~16°之间。使用该天线时至少要将其下倾6~9°,该天线上半部零点则出现在距主瓣最大方向约15°的位置,所以我们下倾天线时一般不会超过15°,若将该天线方向图固定电调下倾角6~9°,再加0~6°左右的机械调节,一方面机械调节小于6°

时天线方向图变形不大,另一方面又可减小天线成本,增强天线的可靠性。

2 天线的安装原则

一般情况下,基站天线的安装高度应根据需要覆盖的无线区域来设计决定,但在基站的选点中,可能会出现安装位置合适,而高度不能与设计高度一致,或者是安装高度合适而安装位置不合适的情况。此时,应对高度和基站环境进行比较和选择,可参照以下原则进行:

2.1 全向天线的安装

- 全向天线的安装首先要考虑铁塔对天线方向图的影响,因为铁塔对无线信号会造成很大的衰减,因此全向天线必须安装在铁塔顶部。

- 全向天线还要考虑空间分集接收的距离要求,天线的空间分集接收是移动通信中抑制无线信号快衰落的一种技术,其基本原理是利用两副相隔一定间距的天线,接收来自不同路径的无线信号,对信号进行处理判断后,选出最佳的一路信号。

而天线的间距大小会影响分集接收的效果,天线的间距与天线的有效高度满足近似关系 $D=0.11H$ 时,分集效果最好。由该计算式可以定出天线的各种安装高度对应的天线间距,但必须指出在天线的有效高度小于30m时,由该计算式得出的天线间距将小于3m,这个间距使两副分集天线互相处于对方的近场区内而天线的方向图发生畸变,因此要求此时天线的间距要大于3m。

即天线间距在任何天线的有效高度情况下都应大于3m,如图1:

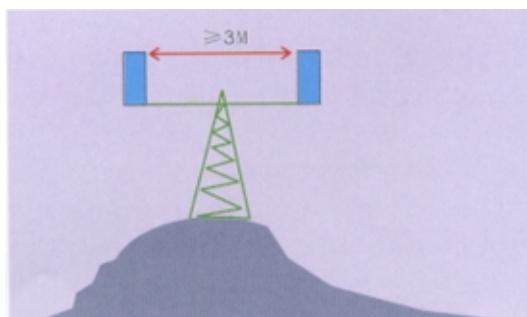


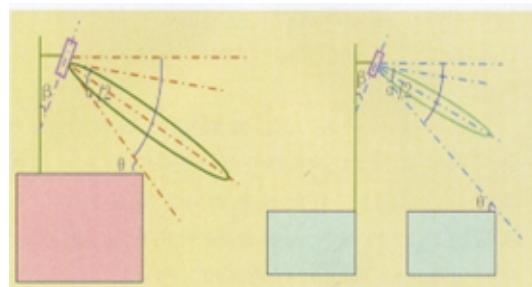
图1 全向天线安装示意图

2.2 定向天线的安装

●对于单极化定向天线，在低话务区例如乡镇，分集天线间距要大于3m，在高话务区例如城区，分集天线间距要大于5m，才能达到理想分集效果。对于双极化天线，由于采用的是极化分集技术，因此没有间距的要求。

●天线安装于楼房顶中心位置时，安装的高度应使得天线中心到楼房边缘的夹角必须满足 $\theta \geq \alpha / 2 + \beta$ （条件： β 值不变），其中 α 为天线主瓣的垂直瓣宽夹角， β 为天线的下倾角。只有这样安装，才能保证天线的主瓣不会被屋顶面阻挡，而最大限度地辐射出去。

●天线安装于楼房女儿墙位置时，安装的高度应使得天线中心到相邻楼房的另一侧的边缘的夹角必须满足 $\theta \geq \alpha / 2 + \beta$ （条件： β 值不变），这样才能使得天线主瓣信号越过相邻楼房，不被阻挡地辐射出去，如图2：



(a) 安装于楼房中心位置 (b) 安装于楼房女儿墙位置

图2 定向天线安装示意图

3 通过天线的调整来优化无线网络

3.1 改善信号覆盖的天线调整

(1) 在一些话务量较低的乡镇基站的建设中，往往是按照这样的思路来选择站点的，那就是无线信号要覆盖得远，信号覆盖要兼顾乡镇和公路，因此许多站点都选择在比较高的山顶上，而这些基站又都是全向站，这样一来就忽略了一个问题，那就是全向天线的信号波瓣是水平辐射的，信号波瓣没有下倾辐射，天线位置越高，离基站越近的地方信号电平就会越低，甚至于没有信号，正所谓“塔下黑”现象。如图3：

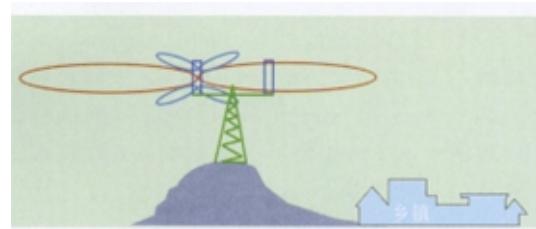


图3 产生“塔里黑”现象的天线安装示意图

在这种情况下，方法之一可以不改变基站站点和基站的配置，而只将原全向站改为两扇区基站，一个扇区仍然安装全向天线，以保证原有覆盖区域不变。另一扇区安装带下倾角的定向天线，方向面对乡镇，以增强其覆盖电平值，如图4：

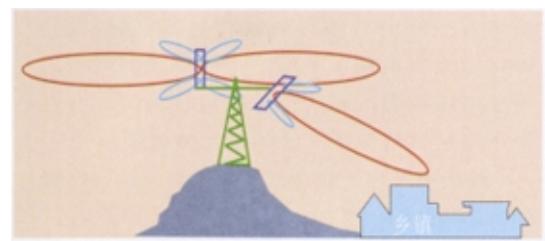


图4 解决“塔里黑”现象的天线安装示意图

(2) 有些城区的定向基站在天线安装时，由于施工人员不了解天线的特性，在安装过程中天线的挂高没有满足前面阐述的 $\theta \geq \alpha / 2 + \beta$ (β 值不变) 的条件，或者由于城市楼房建设，阻挡了原有基站天线的覆盖范围，造成覆盖区域的信号电平过低，未达到预期的效果。这种情况，就需要对天线的安装位置进行改变或者加高天线支架，使覆盖效果得到改善。

(3) 一般基站天线的主瓣方向都指向高话务密集区，高话务密集区的地点可能在室内，也可能在室外，并且有可能随着时间的变化而在室内与室外之间进行转变，这种地段应调整天线的主波瓣主轴方向对着楼房辐射，用偏离主轴的波瓣及天线副瓣辐射街道，因为现在的建筑物多为钢筋混凝土结构，对无线电波的损耗较大，一般为20-30dB的穿透损耗，要用强信号进行辐射后，室内信号才会达到较高电平。而街道多为净空范围，对信号损耗小，用偏离主轴的波瓣及天线副瓣辐射，完全可以满足需要。反之，如果用主

波瓣主轴方向对着街道辐射，偏离主轴的波瓣及天线副瓣辐射楼房，会造成楼房室内信号很差。如图5：

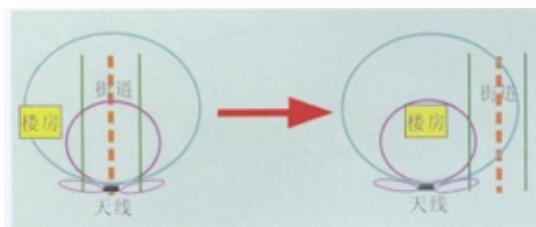


图5 话务量随时变化地区的天线安装示意图

3.2 降低信号干扰的天线调整

天线方向去耦，指调整干扰源天线水平波瓣偏离其天线主波束轴向而引入的天线增益差，降低其辐射到同频小区的信号强度，使得被干扰基站的覆盖范围内同频载干比大于12dB。

天线下倾，通过对基站天线的下倾，相当于天线在垂直面的去耦，使信号限制在自己的小区覆盖范围内，加强了本覆盖区的信号强度，既改善了覆盖区又增强了抗同频干扰的能力，同时降低了对其他同频区的干扰，如图6：

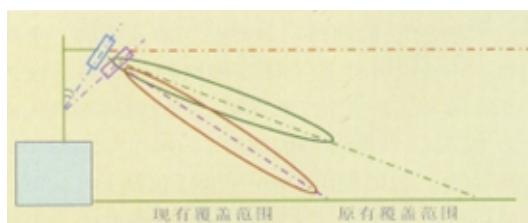


图6 天线下倾安装示意图

天线下倾技术是利用天线的垂直方向性，有效控制干扰和覆盖的重要手段。一般来说对远端的影响较大，在消除干扰方面，有时天线倾斜比降低天线高度更有效，特别是对高基站或有很高树林的区域。

天线下倾的方法：

有两种使天线方向图向下倾斜的方法：

- 电子下倾，电子向下倾斜是改变共线阵天线振子的相位。
- 机械下倾。机械向下倾斜是物理地向下倾斜天线。

天线下倾应该注意的问题：

①利用天线下倾来降低同频干扰时，天线下倾角的选择必须根据实际使用天线的垂直方向图具体计算后进行。既要尽量减少对同频小区的干扰，又要保证满足服务区的覆盖范围，以免出现不必要的盲区。选择下倾角的原则是使天线至本小区边界的射线与天线至受干扰小区边界射线之间处于天线垂直方向图中增益衰减变化最大的部分，这样可使对受干扰小区产生的同频干扰减至最小。

②天线下倾后，原来覆盖区的边缘处由于偏离了天线的主瓣，导致信号强度下降，这可以通过合理增大基站发射功率来补偿，这样即提高了载干比C/I，又不会因天线下倾导致覆盖区边缘信号强度下降过大。

③天线下倾后，天线的水平方向性图会发生畸变，随着下倾角的增大，水平方向图变成扁平，并开始出现缺口，下倾越大，缺口越大，以致使天线水平方向图出现分裂，对C/I及覆盖控制都不利，因此下倾角不宜过大。★

《移动通信》发行部部分邮购技术资料目录

	书名	定价
1	《移动通信》2001年合订本(上、下)	100元
2	《移动通信》2000年合订本	50元
3	中国移动数据通信技术与发展研讨会会刊	80元
4	外军战术通信系统汇集	50元
5	军事通信技术发展译文集——移动网分类	40元
6	移动通信词典	68元

邮汇请寄：广州1063信箱“分册《移动通信》发行部”

邮政编码：510310

银行帐号：工商银行广州第一支行

收款单位：信息产业部电子第十一研究所

帐号：3602000109000156147

联系电话：(020)84203943-605

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



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，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

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

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.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>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(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。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直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
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，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>