

## 第六讲 手机天线类型比较和结构射频规则

### 一、 各种手机内置天线的特点和演变过程

在常见的手机天线结构中，陶瓷介质天线由于  $Q$  值很高，带宽窄，损耗大，并且易受环境的影响而产生频率漂移，因此不推荐作为手机主天线使用，但由于其尺寸小的优势，可以用作对接收灵敏度要求不高的蓝牙天线。PCB 板天线也一般仅仅是通过将外置单极子天线通过 PCB 过孔和 PCB 走线将辐射体做在 PCB 板上，并利用介质板的介电常数在一定程度上减小天线尺寸的形式，这种天线也由于介质板的损耗常数而产生一定的损耗，所以在大多数高端机情况下也不推荐使用，仅在少数低端机和工作频点较少的情况下才为节约成本而使用。PCB 天线可作外置天线也可作内置天线。

PIFA 天线自产生以来，一直到今天都一直是内置天线的主要形式，因为它尺寸较小，可以充分利用 PCB 板作为接地面，并通过接地片将谐振长度缩小为四分之波长。但是随着手机小型化和集成度更高的发展要求，原有 PIFA 天线逐渐显示出一些对结构方面的严格限制。于是有不少业界领先的手机制造商 Motorola、Samsung、Sony-Ericsson 等公司逐渐改变手机天线的设计风格，改用各种变形的单极子天线设计，这样就减小了结构对天线的依赖性，增加了手机外观的灵活性。比如索爱 E908 的菱形天线设计，Samsung E708 的城墙线（Meander）天线设计，以及 Motorola V3 中使用的一个金属铜棒作为天线的设计。这些新型的天线设计显示了高超的设计技巧，它们往往不易被天线其他天线厂家和手机厂家模仿，并逐渐发展成手机天线厂家之间和手机厂商之间竞争的一项核心技术。

### 二、 PIFA 天线和单极子天线的性能比较

前面我们已经分别对单极子天线和 PIFA 天线的一般特性进行过分析，下面我们在几种重要的特性方面比较一下两种天线性能的优劣。

#### 1. 空间结构要求

两种天线的设计对空间的预留都必须考虑 Chu 极限定理，但在组成上，PIFA 要求必须有一个辐射单元和一个大的接地面，两者互相平行，并且辐射体和接地面之间必须有一个不小的间距。接地面和辐射体都是物理实体，它们必须位于手机上，所以对结构限制较大。采用 PIFA 天线手机不可能做得很薄。

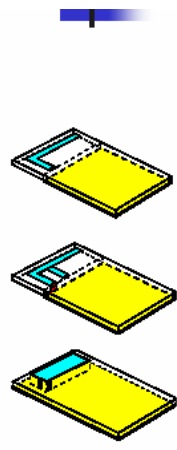
而采用单极子天线进行设计，则天线仅有一个辐射体而没有地面，因此它对辐射空间的要求就仅仅是天线辐射体周围的空间而没有地面的限制，天线占用的辐射空间可以不在手机体上而在手机周围的外界空间。因此对结构的限制较小。

## 2. 可靠性

PIFA 天线需要两个 Pin 脚，而单极子天线仅仅需要一个 Pin 脚。如果 PIFA 天线的接地 Pin 脚接触不可靠，则对天线的性能会产生较大的影响，已经有天线厂家提供的相关结论证实。单个触点产生的天线问题更容易排查，因此单极子天线比 PIFA 天线具有更高的可靠性。

## 3. 地面的尺寸对天线性能的影响

对 PIFA 天线来说，最优的带宽出现在接地面的尺寸大约为  $0.35 l$  ,  $0.85 l$  和  $1.35 l$  处。接地面上的最小电流周期为  $0.5 l$  。而对单极子天线来说，则不存在最优尺寸限制。而接地面长度的变化对频率和带宽的影响如下表所示（资料来源于台湾中山大学相关仿真实验结果）：



	Effect on $f_r$	Effect on BW	Effect on pattern
<b>Monopole</b>	<b>Large</b> ( $> 15\%$ )	<b>large</b>	<b>large</b>
<b>Shorted monopole</b>	<b>Large</b> ( $> 15\%$ )	<b>large</b>	<b>large</b>
<b>PIFA</b>	<b>Small</b> ( $\sim 5\%$ )	<b>large</b>	<b>large</b>

从上表可以看出，由于接地面的存在，PIFA 天线的工作频率变得相当稳定，受外界环境因素的影响很小。这也是 PIFA 天线在传统内置天线手机中备受青睐的一个重要原因。

## 4. SAR 值比较

采用 PIFA 天线作为内置天线设计，由于能量只在手机外侧半空间辐射，并有较高的前后比，因此具有较好的 SAR 值。而采用单极子变形天线，能量在全空间辐射，因此 SAR 值高于 PIFA 天线，但是内置单极子天线比外置天线 SAR 值会略好。

## 5. 设计难度

PIFA 天线由于接地面的作用使频率性能变得十分稳定，因此其设计难度相对较

小，任何手机天线厂家都乐于采用 PIFA 天线做设计。而内置单极子天线受结构件的影响较大，加上人手和使用手机的人体对它的影响都较大，在设计时需要考虑各种环境因素对它的影响，因此设计难度较大。但结合用户的使用要求，在待机状态、使用状态下根据用户通常的持机习惯结合手机的结构将天线设计成不同状态下呈现不同的方向图特性，但最终能够满足用户的要求，这种天线设计方式需要很高的技巧，但也具有很强的市场竞争力，这类手机不易被其他厂家模仿，这也是少数领先的手机厂商在最新上市的杀手铜类机型中通常使用这类天线做手机设计的重要原因。索爱 E908 中的天线在闭盖和翻盖下有不同的方向性，Motorola V3 中用一根金属棒即可以做设计，都显示了很高的天线设计技巧。

### 三、 结构射频规则

以下介绍采用 PIFA 天线和单极子天线做内置天线设计的主要结构规则。

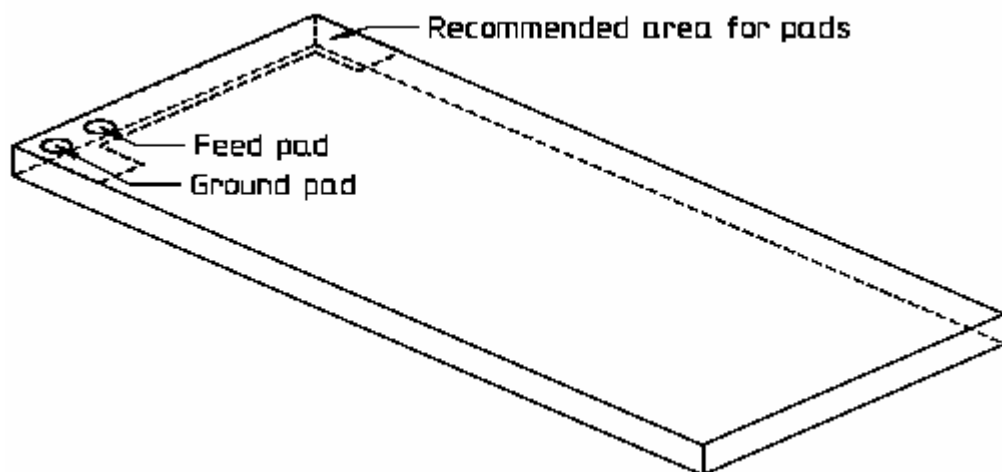
[规则 1] 在设计任何种类的移动电话内置天线时，为获得尽可能好的性能，和天线制造商应在最初阶段以来开始设计天线是很重要的，这对内置天线厂家来说尤其重要。

[规则 2] 使用尽可能大的空间：对天线性能来说，尺寸越大越好。GSM 三频天线推荐的尺寸是  $20 \times 40 \times 8\text{mm}$  (PIFA, PCB 单侧)，或  $14 \times 40\text{mm}$  (Monopole, PCB 双侧)。对 PIFA 天线，辐射体和地面的高度是带宽的主要决定因素，推荐为 8mm，最低不得小于 6.5mm。

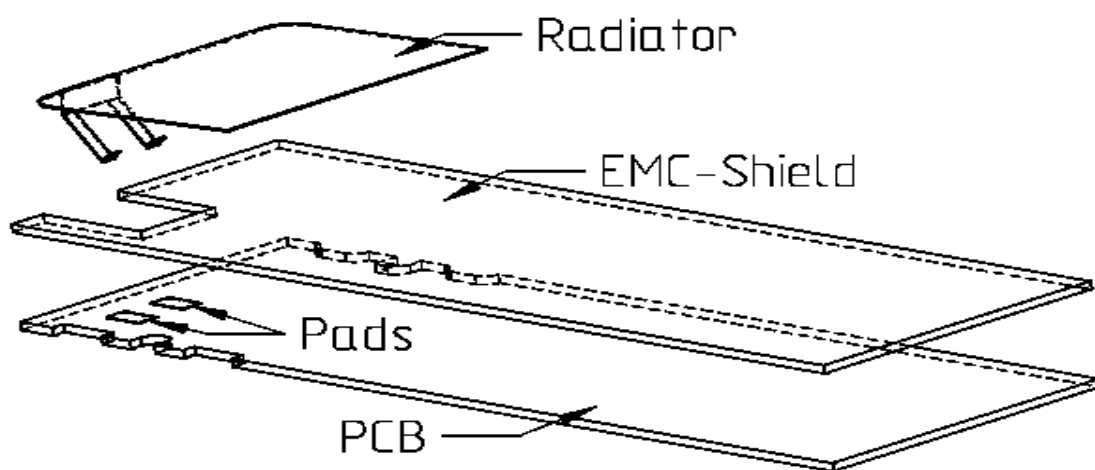
[规则 3] PCB 长度对天线增益有显著的影响，推荐双频 PCB 长度不得小于 80mm。当 PCB 长度小于 80mm 时，增益显著恶化。如做多频段设计，PCB 长度应适当加长。

[规则 4] 天线应远离以下金属物体，保持 6mm 以上间距，并要求以下物体有良好的接地：LCD、摄像头、液晶屏、按键等的弯曲电缆、连接振荡器或扬声器的导线、含金属的螺丝或螺母。

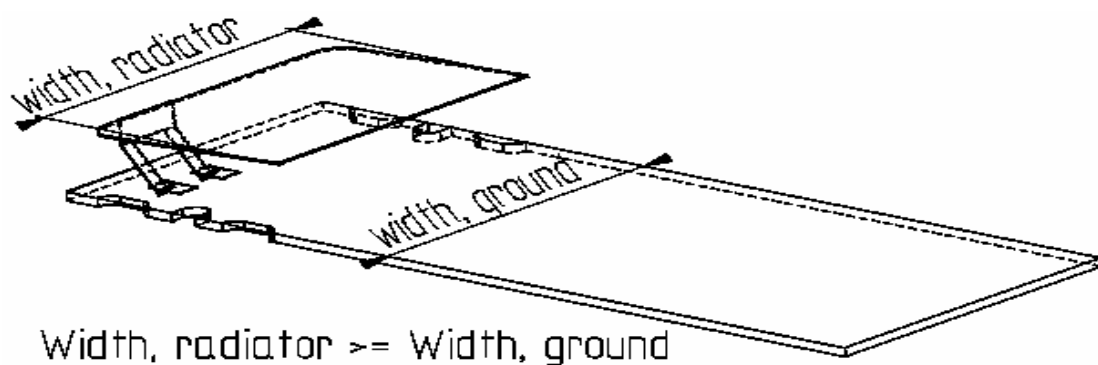
[规则 5] 馈点和短接电路点接近接地片（手机 PCB 板）的边缘，对弹片接触来说，弯折点和 PCB 焊点的距离应为 4—5mm。



[规则 6] 不要屏蔽焊点，尽可能减少 EMC 遮护板。

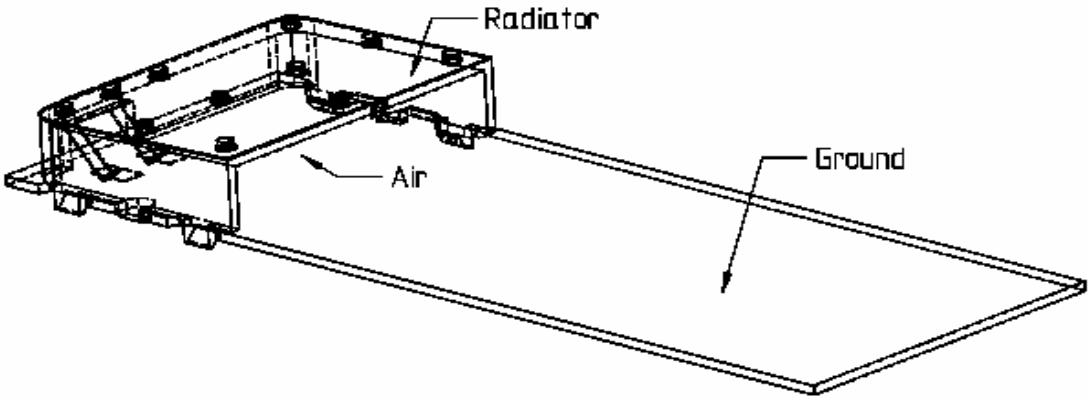


[规则 7] 发射片的边缘尽可能靠近接地片边缘，甚至可以超出接地片边缘。

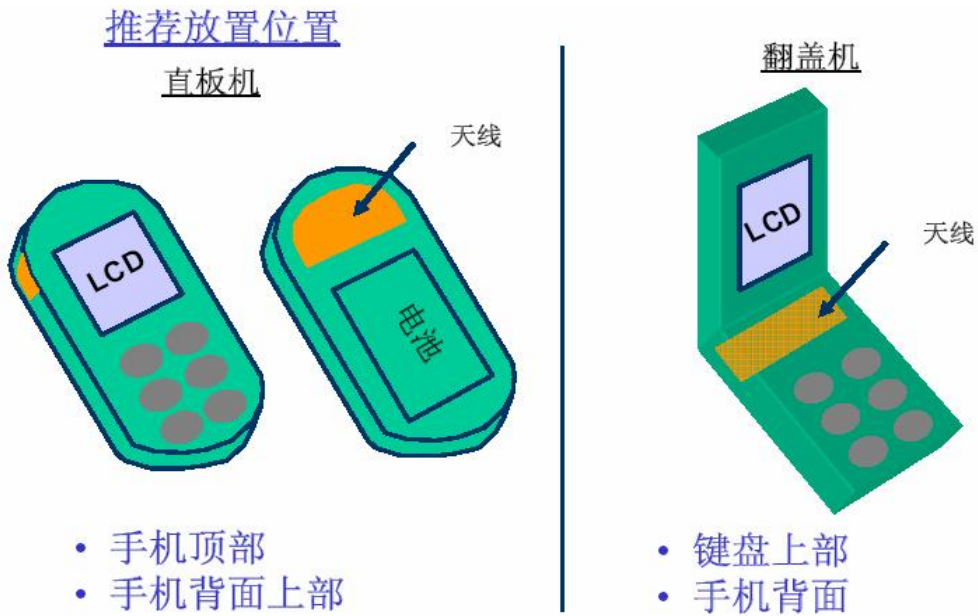


[规则 8] 手机所有金属必须正确接地，避免能量损失和附加不辐射谐振，关注射频屏蔽罩。

[规则 9] 发射片和接地片之间的空间尽可能多地填充空气，支撑物应尽可能少。

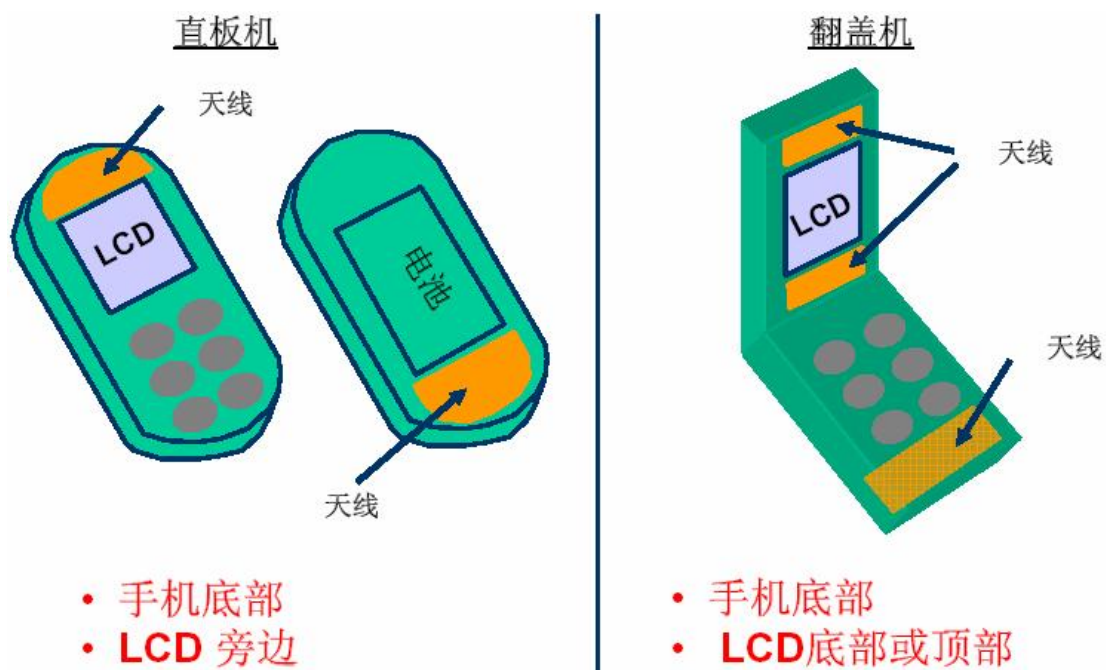


[规则 10] 天线推荐和避免放置的位置：

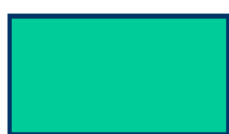


提示：屏蔽漆的金属含量不要超过6%，不要在手机内离天线较近处放置金属物体

避免放置位置



[规则 11] 推荐天线形状为天线结构附近尽量减少其他物体，保持天线为一金属片状结构，尽量避免减小天线宽度。（结构）



理想情况

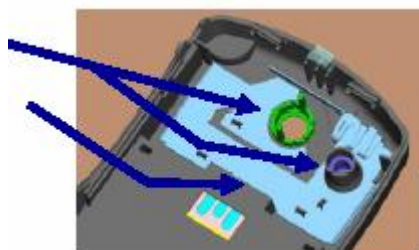


可行情况

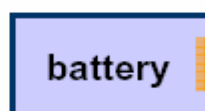


恶劣情况

可行但设计难度较大、性能较差的情况是天线上有较大的孔（如测试端口和摄像头），为安装电池或其他需要减小天线尺寸（建议电池扣放在侧面，以避免影响天线形状）。



推荐的电池扣位置



性能较差的位置

[规则 12] 推荐焊盘大小  $2 \times 3\text{mm}$ ，间距  $2\text{mm}$ 。(PCB)

[规则 13] 连接天线馈电点的传输线尽量采用共面波导结构 (CPW)。(结构和 PCB)

[规则 14] 天线下方尽量减少元件，特别是较高的元件。天线下方放置元件的面积最多不超过 30%，最高元器件与天线的间距最少要确保为  $2\text{mm}$ 。(结构)

[规则 15] 不能在天线正下方放置匹配焊盘，匹配元器件应在天线馈电点附近。(PCB)

[规则 16] 天线与电池的最小距离为  $10\text{mm}$ 。(结构)

[规则 17] 天线不应被耦合到屏蔽罩，所有接地屏蔽应与天线有  $6\text{mm}$  间隔。(结构)

[规则 18] Hinge 的 Flex Film Cable 应与天线保持  $6\text{mm}$  距离。(结构)

[规则 19] 天线塑料盖内侧和后侧使用最少的金属喷涂。(EMC)

[规则 20] 避开有争议的 PCB 板宽，在有 DCS 工作的情况下，PCB 宽度推荐设计为  $35\text{mm}$  或  $45\text{mm}$ ，不要设计在  $40\text{mm}$ ，以避免形成 DCS 交叉极化。

## 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>