



基于 2G/3G 无线通信模块的天线设计流程与指南

应用_基于 2G/3G 无线通信模块的天线设计流程与指南_V1.00



文档名称:	基于2G/3G无线通信模块的天线设计流程与指南
版本:	1.00
日期:	2012-05-21
状态:	归档
文档控制号:	应用_基于2G/3G无线通信模块的天线设计流程与指南_V1.00

一般事项

SIMCom把本手册作为一项对客户的服务，编排紧扣客户需求，章节清晰，叙述简要，力求客户阅读后，可以快速的进行基于2G/3G无线通信模块的天线设计，加快开发应用和工程计划的进度。

SIMCom不承担对相关附加信息的任何独立试验，包含可能属于客户的任何信息。而且，对一个包含SIMCom模块、大些的电子系统而言，客户或客户的系统集成商肩负其系统验证的责任。

由于产品版本升级或其它原因，本手册内容会不定期进行更新。除非另有约定，本手册仅作为使用指导，本手册中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。手册中信息修改，恕不另行通知。

版权

本手册包含芯讯通无线科技(上海)有限公司的专利技术信息。除非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本手册内容的部分或全部，并不得以任何形式传播，犯规者可被追究支付赔偿金。对专利或者实用新型或者外观设计的版权所有，SIMCom保留一切权利。

版权所有©芯讯通无线科技(上海)有限公司2012年

目录

版本历史.....	5
1、天线设计流程.....	6
2、天线设计注意事项.....	7
2.1 工作频段的确定.....	7
2.2 天线形式的选择.....	7
2.3 天线的阻抗匹配.....	8
2.4 天线部分PCB设计.....	9
3、天线性能确认及判定标准.....	11
3.1 天线的无源性能.....	11
3.1.1 方向图.....	11
3.1.2 增益.....	12
3.1.3 输入阻抗.....	12
3.1.4 辐射效率.....	12
3.1.5 驻波比与回波损耗.....	13
3.1.6 无源性能判定.....	13
3.2 天线的有源性能.....	13
3.2.1 TRP.....	13
3.2.2 TIS.....	14
3.2.3 有源性能判定.....	14
4、结束语.....	14

版本历史

日期	版本	修改点描述	作者
2012-05-21	1.00	初稿	周建梅

1、天线设计流程

通常，天线的设计流程如图 1.1 所示：

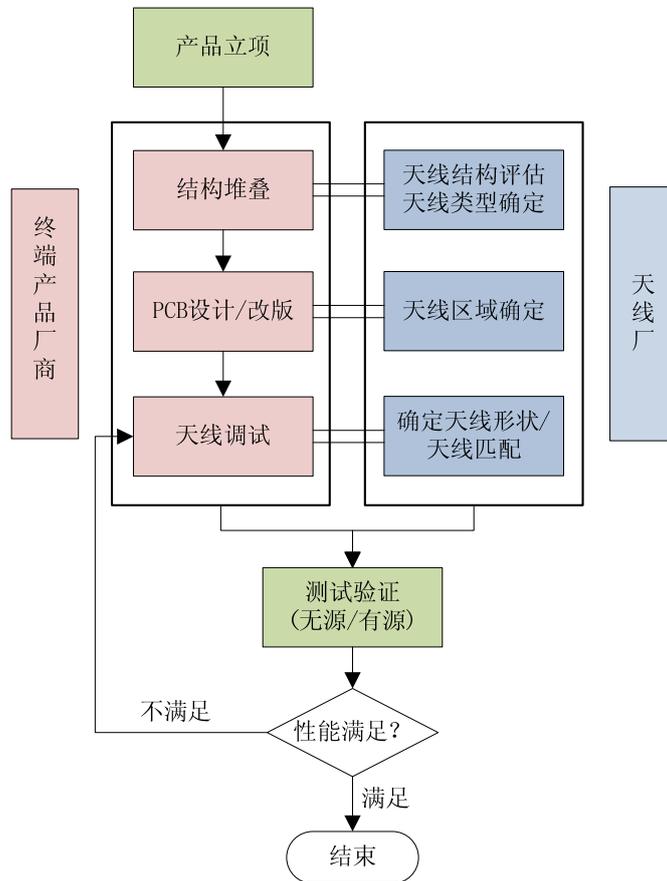


图 1.1 天线设计流程框图

在天线设计过程中，应严格遵循以上设计流程，部分流程说明如下：

- 1、结构堆叠时，天线厂即需要介入，评估天线结构，初步确定天线类型；
- 2、PCB 设计时，要根据天线类型的不同，预留天线使用空间，详见 2.4 节。若 PCB 改版，天线需要重新调试；
- 3、天线厂在调试天线时，根据前期的评估与实际环境，确定天线形状，进而确定天线匹配电路值；

4、天线的测试验证主要分为无源和有源。无源包括方向图、增益、输入阻抗、效率等指标，有源包括发射功率和接收灵敏度指标。这些指标的定义与判定标准将在第三节中详细阐述。

天线设计是一个专门的学科，一般由专业天线设计公司完成。尤其需要注意的是：

1. 从外观来讲，大多数天线都具有一定的几何形状，而且对于不同的产品，即使天线的工作频率范围相同，但其形状却大相径庭。这就意味着天线是一个与结构紧密相关的部件。多数情况下，产品结构发生变化，往往会影响到天线的性能，从而需要重新调试天线。
2. 在现实情况中，许多产品在设计之初，并没有充分考虑结构对天线设计的影响，

导致后期的天线设计与调试难度增大，甚至天线功能无法实现。因此，在产品的设计过程中，尽早考虑天线的设计是至关重要的。在产品设计早期，天线设计公司介入评估就非常必要，为天线的实现及性能保证提供基础。

2、天线设计注意事项

2.1 工作频段的确定

天线调试前，首先要确定工作频段，对于不同的频段，天线的形式及判定标准等都有一些区别。不同频段的频率范围如表 2.1:

频段	接收	发射
GSM850	869 ~ 894 MHz	824 ~ 849 MHz
EGSM900	925 ~ 960 MHz	880 ~ 915 MHz
DCS1800	1805 ~ 1880 MHz	1710 ~ 1785 MHz
PCS1900	1930 ~ 1990 MHz	1850 ~ 1910 MHz
TD 1.9G	1880 ~ 1920 MHz	1880 ~ 1920 MHz
TD 2.1G	2010 ~ 2025 MHz	2010 ~ 2025 MHz
WCDMA Band I	2110 ~ 2170 MHz	1920 ~ 1980 MHz
WCDMA Band II	1930 ~ 1990 MHz	1850 ~ 1910 MHz
WCDMA Band V	869 ~ 894 MHz	824 ~ 849 MHz
WCDMA Band VIII	925 ~ 960 MHz	880 ~ 915 MHz

表 2.1 不同频段的频率范围

2.2 天线形式的选择

不同的终端产品应根据其具体结构及整机环境，采用合适的天线形式，以达到产品射频性能的最优化。合适的天线形式有益于天线功能的实现，降低天线的调试难度。

通常来讲，依据天线所处位置的不同，天线的形式有内置和外置两大类。常见的内置天线有：Monopole 天线、PIFA 天线、贴片陶瓷天线、FPC 天线等，如图 2.1 所示。常见的外置天线有：棒状天线、拉杆天线、螺旋天线、车载天线等，如图 2.2 所示。



图 2.1 常见的内置天线



图 2.2 常见的外置天线

对于终端产品的不同应用场合，在进行天线形式的选择时，应遵循以下几个原则：

- 1、若产品的安装环境较恶劣，如产品周围金属物较多，信号易被遮挡，车载类产品、无线抄表类产品、无线公话类产品等，建议选择外置天线形式。
- 2、若产品内部有较多的金属结构件，产品的结构不利于内置天线的实现，优先选择外置天线形式。
- 3、若产品内部有较多的强干扰源或特别敏感的电路，如嵌入式应用处理器电路、存储器电路、高速数字信号处理电路、时钟振荡电路及开关电源电路等，应选择外置天线形式，且外置天线应远离强干扰源和敏感电路。
- 4、若选择内置天线，具体天线形式可根据产品的结构、成本及对天线性能的要求来综合考虑。以下是内置天线对产品内部结构的基本要求：
 - 天线周围应保持空旷，尽量避免大体积金属器件出现，具体如图 2.3；
 - 天线区域对应的产品外壳部分不要使用金属喷涂；
 - 天线放置位置应避开手持区域；
 - 若产品安装在金属台面或墙壁上，在产品的天线区域应注意金属的避让；
 - 天线安放位置应避开产品内部的强干扰源，且干扰源应做好屏蔽、滤波等电磁干扰抑制措施。

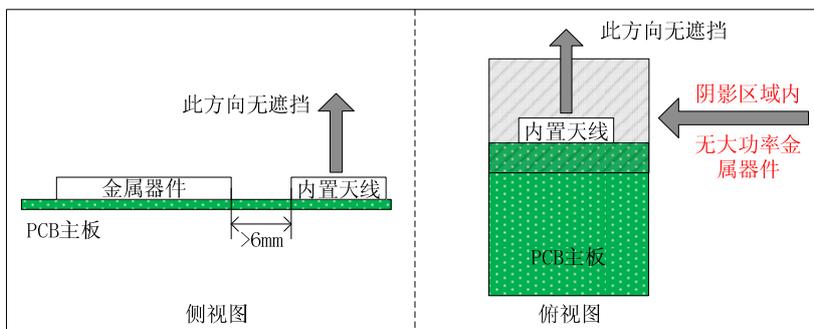


图 2.3 内置天线对其周围环境要求

2.3 天线的阻抗匹配

若天线的端口阻抗为非 50 欧姆，则传输线与天线端之间的阻抗将出现失配，导致 GSM/GPRS 模块发射的信号功率不能最大限度地传输到天线，或者天线接收的高频信号不能最大限度的被 GSM/GPRS 模块接收，具体请参考文档《GSM/GPRS 无线通信模块射频部分硬件设计》[1]。为避免产生此种情况，需要在天线输入端加入匹配网络。推荐使用 pi 型天线匹配电路，如图 2.4 所示，初始状态 R101 贴 0R，C101，C102 不贴，待天线供应商调试好天线后，匹配电路的值也随之确定。

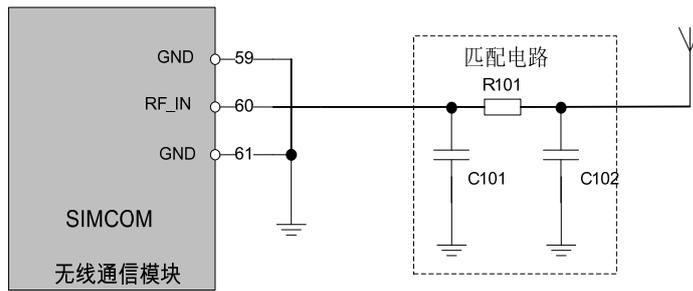


图 2.4 pi 型天线匹配电路

2.4 天线部分PCB设计

天线部分 PCB 设计主要包括以下几点：

1、PCB 布局与走线

- PCB 布局时应将 GSM/GPRS 模块的射频输出端靠近天线放置，尽量缩短射频走线长度，如图 2.5 所示：

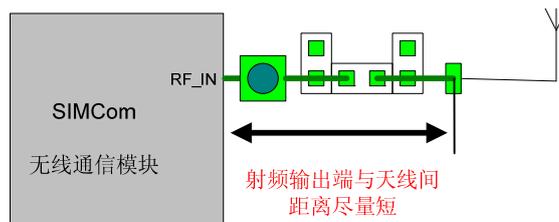


图 2.5 无线通信模块与天线的相对位置

- 射频走线做 50 欧姆阻抗控制，走线有完整的参考地平面；
- 射频线的相邻层禁止任何其他信号线平行或交叉穿过；
- 射频线两侧多打地孔，缩短信号回流路径，增强信号完整性；

2、天线区域 PCB 处理

对于不同的天线形式，PCB 处理有细微差别：

➤ 外置天线

- 1) 建议客户使用射频连接器连接模块与天线，常用的射频连接器有 HRS/Murata 的超小型射频同轴连接器、具有开关功能的 MM8430-2610 射频同轴连接器等。如为节省成本，采用焊盘连接，则焊盘大小应适宜，推荐尺寸为 1.5mm*1.5mm，如下图所示：

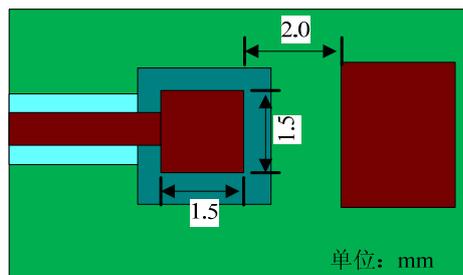


图 2.6 推荐的射频焊盘尺寸

- 2) 若板层结构大于两层，则焊盘直接参考最后一层，中间所有层均挖空，以保持

50 欧姆阻抗连续，如图 2.7 所示：

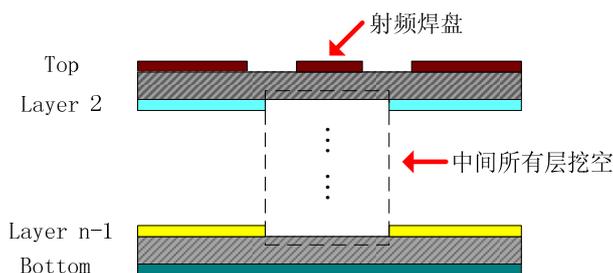


图 2.7 天线焊盘参考地

- 3) 焊接射频线时，应使射频线与 PCB 板上的射频走线在同一条直线上，以减少射频信号的反射损耗。
- 内置天线
- 1) 天线馈点的个数及其他要求，须参考天线供应商的建议；
 - 2) 天线馈点尺寸适当，推荐大小为 $2\text{mm} \times 3\text{mm}$ ，馈点与地 PAD 间距 2mm ，如图 2.8 所示：

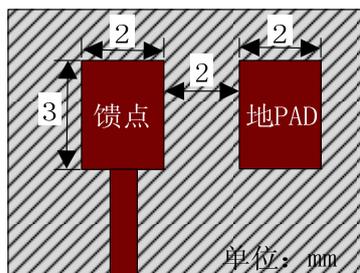


图 2.8 天线馈点尺寸及与地 PAD 间距

- 3) 天线馈点和地 PAD 靠近 PCB 板的边缘放置；
- 4) 天线区域占用空间尽可能大。推荐 GSM/GPRS/3G 双频天线尺寸为：PIFA: $15(W) \times 35(L) \times 8\text{mm}(H)$ ，Monopole: $12(W) \times 35(L) \times 10(C)\text{mm}$ ，具体如图 2.9 和 2.10 所示。如果做多频段设计，天线面积应适当加大；

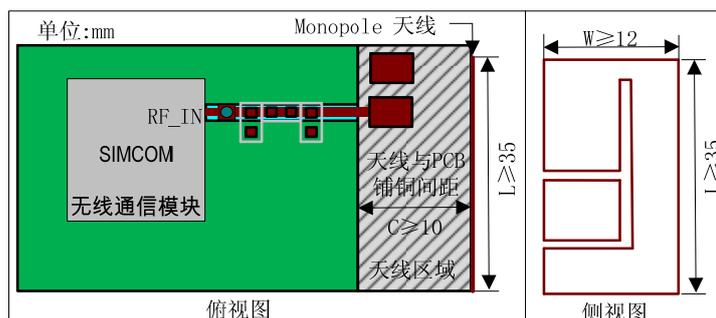


图 2.9 Monopole 天线 PCB 空间需求

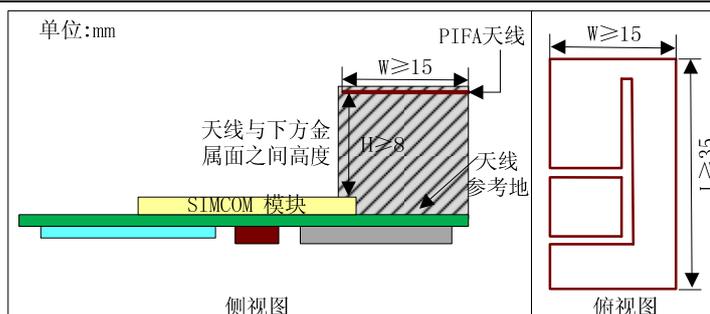


图 2.10 PIFA 天线 PCB 空间需求

- 5) 推荐 PCB 长度大于 85mm;
- 6) 陶瓷天线或 FPC 天线形式，则要考虑天线占用 PCB 主板空间及放置位置，以利于天线的有效辐射和接收。
- 7) 如果对产品的体积要求很高，则应综合考虑成本及对天线性能的影响。

无论采用哪一种天线形式，进行 PCB 设计时，都应与天线供应商沟通确认。且当整机结构发生变化时，尤其是与天线相关的部分发生变化时，要及时通知天线供应商，确认是否会对天线性能造成影响。如果主板功能块较多，需要多个天线，则应知会天线厂商，以便其做必要的推荐措施，防止天线间的相互干扰，影响各天线最终性能。

3、 天线性能确认及判定标准

天线调试完成后，应要求天线供应商提供天线调试报告(包括天线匹配电路值，天线有源性能)，同时对天线性能进行测试验证。天线性能的确认主要从两个方面来考察：即无源测试和有源测试。现实情况中，应更注重有源性能的测试结果，因其更能体现天线性能的好坏。

以下就这两方面的性能和判定标准作简要介绍。

3.1 天线的无源性能

无源性能侧重从整机天线的方向图、增益、输入阻抗、效率、驻波比[2]等天线的辐射参数进行考察。

3.1.1 方向图

天线方向图一般是一个三维空间的曲面图形。工程上常采用两个相互正交主平面上的剖面图来描述天线的方向性，一般是水平面和垂直面作为主平面。

实际 GSM/GPRS 天线属于准全向天线，但因受整机结构、周围环境、传导功率等条件的制约，天线方向图基本呈三维不规则曲面。对于准全向天线来讲，天线在三维空间中的各个方向均应有辐射，才能使得信号在各个方向上都有传播。图 3.2 给出准全向天线方向图的对比。

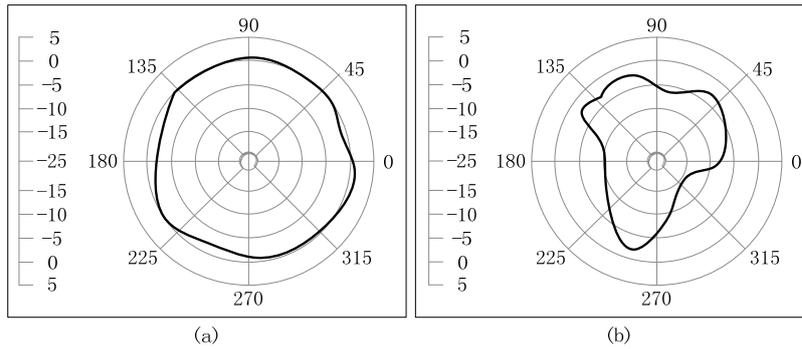


图 3.2 准全向天线方向图的对比 (a)较好 (b)较差

3.1.2 增益

增益是衡量天线收发信号能力大小的参数，是天线的重要指标之一。天线的增益指：在相同的输入功率下，实际天线与理想的辐射单元在空间同一点处所产生的信号的功率密度之比。它定量地描述一个天线把输入功率集中辐射的程度。

增益的单位为 dBi 和 dBd。dBi 是相对于点源天线(全向天线)的增益，在各方向的辐射是均匀的；dBd 是相对于对称阵子(偶极子)天线的增益。它们有如下换算关系：

$dBi = dBd + 2.15$ ，天线厂商提供的天线测试报告中的增益一般以 dBi 为单位。

一般，天线厂商给出的天线测试报告中包含峰值增益和平均增益。峰值增益为天线工作频点上所有角度的最大增益值，而平均增益为天线工作频点上所有角度的增益平均值。

实际应用中，天线增益并非越大越好，它受到 FCC 认证测试中 MPE(Maximum Permissible Exposure)[3]标准的限制及 SAR(Specific Absorption Rate)标准的限制。

3.1.3 输入阻抗

天线的输入阻抗定义为：天线输入端信号电压与信号电流之比。输入阻抗具有电阻分量和电抗分量。电抗分量的存在会减少天线从馈线对信号功率的提取，因此，在调试时，必须使电抗分量尽可能为零，使天线的输入阻抗为纯电阻。但事实上，即使是设计、调试得很好的天线，其输入阻抗中总还含有电抗分量值。

天线输入阻抗与其结构、尺寸及工作波长有关。对于任一天线，总可通过调试天线匹配电路控制阻抗，在要求的工作频率范围内，使输入阻抗的电抗分量很小，电阻分量接近 50 欧姆，从而使得天线的输入阻抗为 $Z_{in} = R_{in} = 50$ 欧，这是天线与馈线处于良好的阻抗匹配所必须的。

3.1.4 辐射效率

天线辐射效率通常定义为：天线的辐射功率与输入功率之比。它表示天线有效辐射电磁波能量能力的大小。

一般要求天线的辐射效率达到 60% 以上，但由于受结构等其他因素影响，天线辐射效率会受到不同程度的降低。

3.1.5 驻波比与回波损耗

在不匹配的情况下，传输线上同时存在入射波和反射波。波腹电压与波节电压幅度之比称为电压驻波比(VSWR)。入射波和反射波幅度之比称为回波损耗(RL)，以 dB 表示。驻波比与回波损耗的关系[4][5]如下：

$$RL = 20 \log \left(\frac{VSWR + 1}{VSWR - 1} \right)$$

在移动通信系统中，一般要求驻波比小于 1.5。

驻波比与回波损耗的对照如表 3.1 所示：

VSWR	19	4	1.86	1.22	1.11	1.06	1.02
回波损耗 (dB)	0.9	4.4	10	20	26	30	40

表 3.1 驻波比与回波损耗的对应表

3.1.6 无源性能判定

前文简要介绍了天线的几项重要无源性能，表 3.2 给出这几项性能的判定标准：

天线无源性能	目标推荐
方向图	准全向
增益	> -3dBi (Avg)
输入阻抗	50 ohm
效率	> 50%
驻波比	< 2

表 3.2 天线无源性能判定标准

3.2 天线的有源性能

有源测试侧重从整机的发射功率和接收灵敏度方面考察整机的辐射性能。它是在特定的微波暗室中测试整机在三维空间各个方向的发射功率和接收灵敏度。天线的有源性能更能直接反映整机的辐射特性。

天线有源性能的测试主要包括：TRP 和 TIS。关于 TRP 和 TIS 的详细描述及具体测试方法请参考[6]。

3.2.1 TRP

TRP，即天线的总辐射功率，为 Total Radiated Power 的英文缩写，是通过对整个辐射球面的发射功率进行面积分并取平均得到的。在终端传导功率一定的情况下，它与天线辐射性能有关。

3.2.2 TIS

TIS，即天线的总全向灵敏度，为 Total Istropic Sensitivity 的英文缩写，是整机对整个辐射球面接收灵敏度的指标。在终端传导灵敏度一定的情况下，它与天线辐射性能有关。

3.2.3 有源性能判定

天线有源性能的判定标准如表 3.3 所示：

天线有源性能 频段	TRP	TIS
GSM850	≥ 29 dBm	≤ -102 dBm
EGSM900	≥ 29 dBm	≤ -102 dBm
DCS1800	≥ 26 dBm	≤ -102 dBm
PCS1900	≥ 26 dBm	≤ -102 dBm
TD 1.9G	≥ 20 dBm	≤ -104 dBm
TD 2.1G	≥ 20 dBm	≤ -104 dBm
WCDMA Band I	≥ 19 dBm	≤ -103 dBm
WCDMA Band II	≥ 19 dBm	≤ -103 dBm
WCDMA Band V	≥ 19 dBm	≤ -103 dBm
WCDMA Band VIII	≥ 19 dBm	≤ -103 dBm

表 3.3 天线有源性能的判定标准

4、结束语

基于 GSM/GPRS/3G 无线通信模块的终端产品，其天线设计是一个非常重要的环节。通过本文的详细介绍，可以较全面的了解此类终端产品的天线设计流程及设计过程中的注意事项，同时也可以学习到天线的一些基本性能及其判定标准。本文对终端产品的天线设计以及天线性能的测试提出了针对性意见，期望能够对客户的天线设计提供帮助与指导。