

天线设计指导

版本：天线设计指导_V2.0

日期：2018-01-02

状态：受控文件



上海移远通信技术股份有限公司始终以为客户提供最及时、最全面的服务为宗旨。如需任何帮助，请随时联系我司上海总部，联系方式如下：

上海移远通信技术股份有限公司
上海市徐汇区虹梅路 1801 号宏业大厦 7 楼 邮编：200233
电话：+86 21 51086236 邮箱：info@quectel.com

或联系我司当地办事处，详情请登录：

<http://quectel.com/cn/support/sales.htm>

如需技术支持或反馈我司技术文档中的问题，可随时登陆如下网址：

<http://quectel.com/cn/support/technical.htm>

或发送邮件至：support@quectel.com

前言

上海移远通信技术股份有限公司提供该文档内容用以支持其客户的产品设计。客户须按照文档中提供的规范、参数来设计其产品。由于客户操作不当而造成的人身伤害或财产损失，本公司不承担任何责任。在未声明前，上海移远通信技术股份有限公司有权对该文档进行更新。

版权申明

本文档版权属于上海移远通信技术股份有限公司，任何人未经我司允许而复制转载该文档将承担法律责任。

版权所有 ©上海移远通信技术股份有限公司 2018，保留一切权利。

Copyright © Quectel Wireless Solutions Co., Ltd. 2018.

文档历史

修订记录

版本	日期	作者	变更表述
1.0	2012-06-09	魏来	初始版本
1.1	2012-06-15	魏来	修改图片 1
1.2	2012-08-01	魏来	添加天线生产商 Antenova 和 Pulse Electronics 的联系信息
1.3	2012-11-21	魏来	添加 GLONASS 天线供应商 INPAQ 及其联系信息
1.4	2013-07-10	魏来	添加陶瓷 Chip 天线类型，更新天线厂家联系信息
1.5	2014-11-21	王照军	增加天线指标及镭雕天线
1.6	2015-04-11	王照军	增加适用模块说明
1.7	2016-01-06	张剑楠	<ol style="list-style-type: none"> 1. 增加外置 PCB 天线 2. 添加天线生产商旌泓和圣丹纳
1.8	2016-06-01	张剑楠	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更新天线生产商杰盛康的联系信息 2. 更新天线生产商 Antenova 的地址和联系信息
1.9	2017-07-14	杨志强	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第 3.8 章节增加金属边框天线类型 2. 第 7 章节增加内置 Wi-Fi 叠层天线类型 3. 第 8 章节更新如下天线供应商信息： <ul style="list-style-type: none"> ● 更新天线生产商圣丹纳和 INPAQ 的联系方式 ● 删除供应商旌泓信息 ● 添加天线生产商深迅的地址与联系信息
2.0	2018-01-02	杨志强	<ol style="list-style-type: none"> 1. 优化 EIRP（等效全向辐射功率）的描述（2.1 章） 2. 更新内置 Wi-Fi 叠层天线说明的第 3 项 3. 增加 GNSS 天线隔离度设计需求（第 8 章） 4. 更新天线供应商 Pulse 的地址和联系方式（电话、传真和邮箱） 5. 增加天线供应商上海守远（Sunnyway）和维力谷（VLG）

目录

文档历史	2
目录	3
表格索引	4
图片索引	5
1 器件摆件及天线馈点推荐位置	6
2 天线基本术语与要求	7
2.1. 天线基本术语	7
2.2. 天线基本要求	9
3 内置 2G/3G/4G 天线	10
3.1. FPC 形式的 PIFA 天线	10
3.2. 带塑料支架的 PIFA 天线	11
3.3. 单极天线	12
3.4. FPC 振子天线	13
3.5. PCB 形式天线	13
3.6. Chip 天线	14
3.7. 镭雕 (Laser Direct Structure) 天线	15
3.8. 金属边框天线	16
4 外置 2G/3G/4G 天线	17
4.1. 振子天线	17
4.2. 单极天线	18
4.3. PCB 天线	19
5 内置 GNSS 天线	20
5.1. GNSS 有源天线	20
5.2. GNSS 无源天线	21
6 外置 GNSS 天线	22
6.1. 外置 GNSS 天线	22
7 内置 Wi-Fi 叠层天线	23
7.1. 内置 Wi-Fi 叠层天线	23
8 GNSS 天线隔离度设计需求	24
8.1. 天线隔离度	24
8.2. 3G/4G 天线与 GNSS 天线隔离度设计需求	24
8.3. Wi-Fi 天线与 GNSS 天线隔离度设计需求	24
9 天线供应商及其联系方式	25

表格索引

表 1: 电压驻波比和回波损耗.....	8
表 2: 天线基本要求	9

图片索引

图 1: 推荐器件布局图	6
图 2: 带焊接馈点的 FPC PIFA 天线.....	10
图 3: 带弹簧顶针馈点的 FPC PIFA 天线	10
图 4: 弹片作为馈点的 FPC PIFA 天线	10
图 5: 带塑料支架 PIFA 案例图片	11
图 6: FPC 形式单极天线	12
图 7: FPC 形式单极天线实例.....	12
图 8: 带支架的单极天线.....	12
图 9: FPC 形式振子天线实例.....	13
图 10: PCB 天线形式	13
图 11: PCB 天线实例	14
图 12: 陶瓷 CHIP 天线实例.....	14
图 13: 镭雕天线形式	15
图 14: 金属边框天线形式.....	16
图 15: 振子天线形式	17
图 16: 常见单极天线	18
图 17: PCB 天线形式.....	19
图 18: GNSS 有源天线	20
图 19: GNSS 无源天线形式.....	21
图 20: GNSS 无源天线实用案例.....	21
图 21: 外置 GNSS 天线形式.....	22
图 22: 内置 WI-FI 叠层天线形式	23

1 器件摆件及天线馈点推荐位置

本文档适用于所有 Quectel 模块。

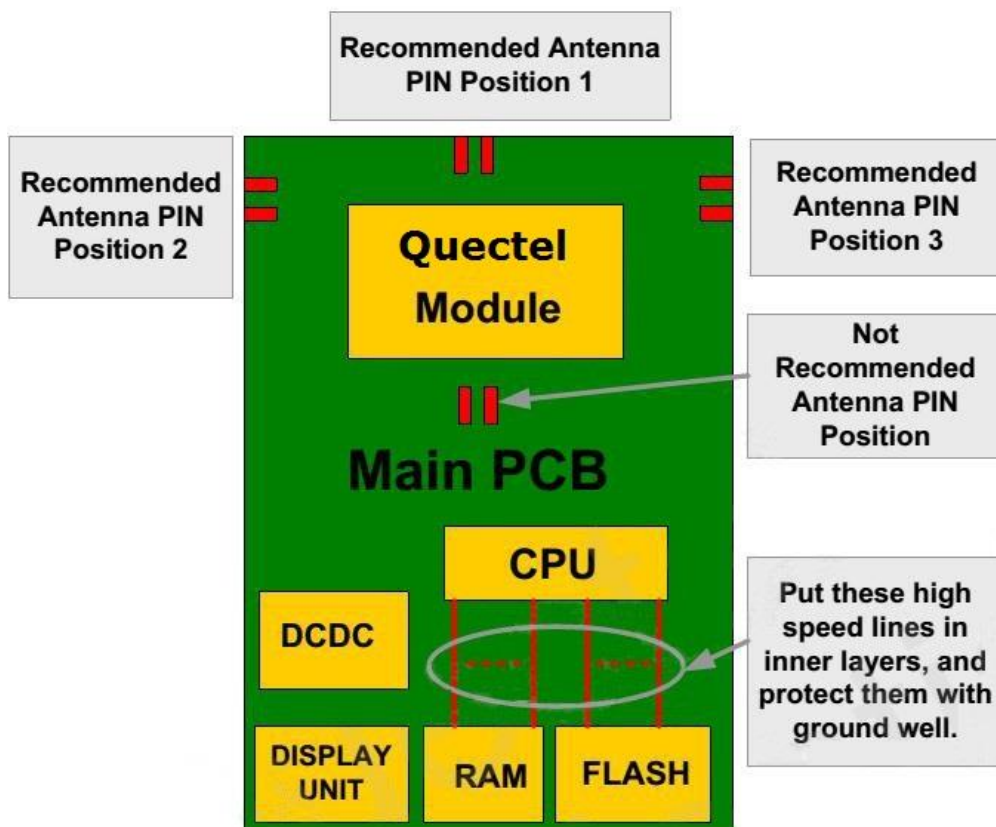


图 1：推荐器件布局图

说明：

1. 建议客户在摆放模块时射频端口靠外侧。
2. 天线馈点尽量放在板边，不要放在 PCB 板内侧。
3. 天线摆放位置尽量远离 CPU/SDRAM/Flash/DCDC/屏 FPC 等，天线最好和上述器件在 PCB 板的表层和底层异侧放置。
4. CPU 和 SDRAM/Flash/屏 FPC 之间的高速线尽量短，且走内层，上、下、左、右用地包好。在 CPU 和屏之间的高速线上增加 EMI 滤波器。
5. 将 CPU/SDRAM/Flash/DCDC/屏 FPC 连接器放到屏蔽罩内部。屏蔽罩建议用洋白铜材质。

2 天线基本术语与要求

2.1. 天线基本术语

Gain (dBi): 在相同的输入功率下，天线在空间某点的辐射功率与理想无方向性点源天线在同一点的功率的比值，该增益单位为 dBi，天线厂家提供的天线测试报告中的增益一般以 dBi 为单位。

Gain (dBd): 在相同的输入功率下，天线在空间某点的辐射功率与理想半波偶极子天线最大辐射方向上功率的比值，该增益的单位为 dBd。

表示同一个增益时，用 dBi 表示出来要比用 dBd 表示出来大 2.15，即 $dBi = dBd + 2.15$ 。例如：对于一增益为 0 dBd 的天线，其增益折算成单位为 dBi 时，则为 2.15dBi。

Directivity: 在相同的辐射功率下，某天线在空间某点产生的功率与理想无方向点源天线在同一点产生的功率的比值。

Efficiency: 天线辐射功率和天线输入功率的比值。

$Gain = Directivity \times Efficiency$

$Efficiency = Output\ Power / Input\ Power$

APIP (Antenna Port Input Power): 加入到天线口的功率大小，是 PA 输出到天线口的功率大小。该功率大小主要跟移动设备的传导发射功率大小有关。

EIRP (Effective Isotropic Radiated Power): 等效全向辐射功率即无线电发射机供给天线的功率 P_t 与在给定方向上天线绝对增益 G_t 的乘积，反应天线在各个方向上的功率大小。EIRP 表示了发送功率 P_t 和天线增益 G_t 的联合效果。EIRP 是理论上各向同性的天线（在各个方向均匀分布）的功率，以产生峰值功率密度，在最大天线增益的方向上观察到。它也被称为等效的各向同性辐射力。EIRP 可以考虑传输线路和连接器的损耗，包括天线的增益。

$EIRP = P_t \times G_t$

P_t : 表示发射机的发射功率，单位 dBm

G_t : 表示发射天线的天线增益，单位 dBi

如果用对数（dB）计算，则为：

$EIRP = P - Loss + G$

P: 发射机的输出功率, 单位为 dBm

Loss: 发射机输出端与天线馈源之间的馈线损耗, 单位为 dB

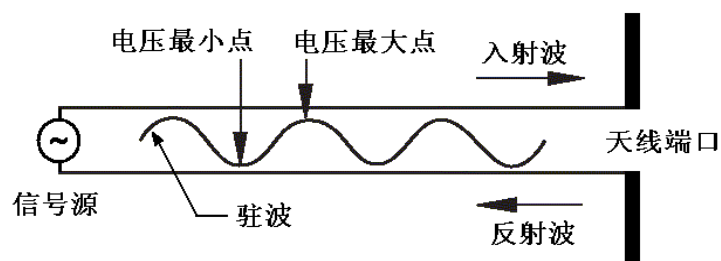
G: 天线的发送增益, 单位为 dBi

PEIRP (Peak Effective Isotropic Radiated Power): 峰值等效全向辐射功率。

ERP (Effective Radiated Power): 无线电发射机供给天线的功率和在给定方向上该天线相对于半波偶极振子的增益的乘积。

电压驻波比:

$$VSWR = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|}$$



电压驻波比在工程上常用回波损耗 RL (S11) 表示, 其计算公式如下:

$$RL = -20 \lg \frac{V+1}{V-1} (\text{dB})$$

RL 与 VSWR 之间的对应关系如下表所示:

表 1: 电压驻波比和回波损耗

电压驻波比 VSWR	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.50	2.00
回波损耗 RL (dB)	-21.00	-19.00	-17.60	-16.60	-15.60	-14.00	-9.50

2.2. 天线基本要求

表 2: 天线基本要求

项目	要求
频段	根据设备所需要的工作频率而定
驻波比	≤ 3
增益 (dBi)	≥ 1
最大输入功率 (W)	50
输入阻抗 (Ω)	50
极化类型	垂直线极化 水平极化 左右旋圆极化

3 内置 2G/3G/4G 天线

3.1. FPC 形式的 PIFA 天线

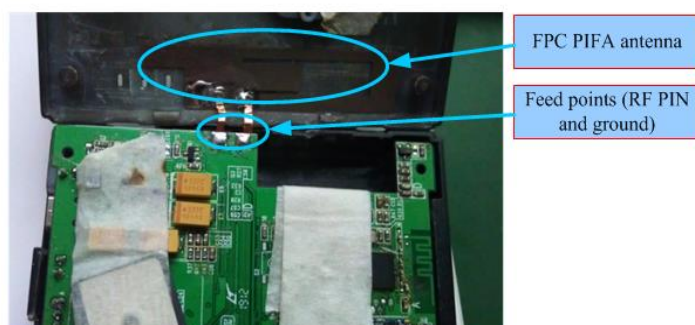


图 2：带焊接馈点的 FPC PIFA 天线

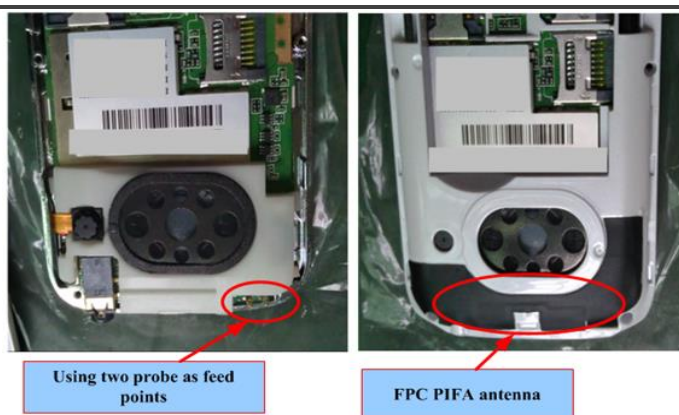


图 3：带弹簧顶针馈点的 FPC PIFA 天线

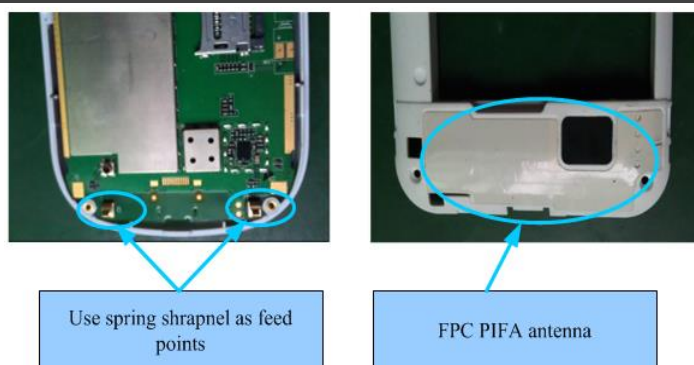


图 4：弹片作为馈点的 FPC PIFA 天线

说明:

1. FPC PIFA 天线可以固定在塑料机壳的内侧, 为增加牢固性, 可以在机壳内侧增加热熔柱来固定天线。该类型天线不占用主板面积, 因此比较适用于 PAD 及车载等对空间要求较高的应用。FPC PIFA 形式的天线需要用到三个馈点。中间馈点作为信号馈点, 一个馈点作地馈点, 当调试时候高频带宽不够时, 需要通过另一地馈点作寄生增加高频带宽。
2. 为保证天线性能, 机壳内侧 (即天线体) 距离主 PCB 板的距离大于 5mm.
3. 天线下方的主 PCB 板上铺地要充分。
4. 馈点通常有焊接、顶针、弹片三种形式, 可根据实际情况进行选择。

3.2. 带塑料支架的 PIFA 天线

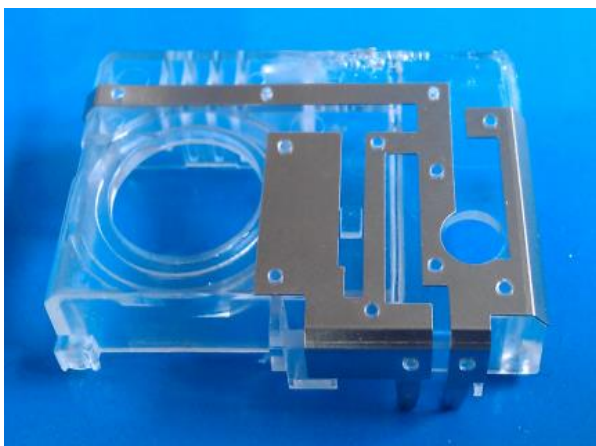


图 5: 带塑料支架 PIFA 案例图片

说明:

1. 该类型天线需要三个馈点, 中间馈点为信号点, 两边馈点个为 GND。通常会用一个信号点与 GND 馈点去调试天线, 当高频带宽不够宽时, 需要用到另一个 GND 馈点作寄生用来增加高频带宽。
2. 天线体下方主板必须铺地。
3. 对于 GSM 四频天线来说, 支架高度约 8mm。
4. 对于此类老式机型天线净空区需满足 30mm×20mm, 支架高度约为 8mm。

3.3. 单极天线



图 6: FPC 形式单极天线



图 7: FPC 形式单极天线实例

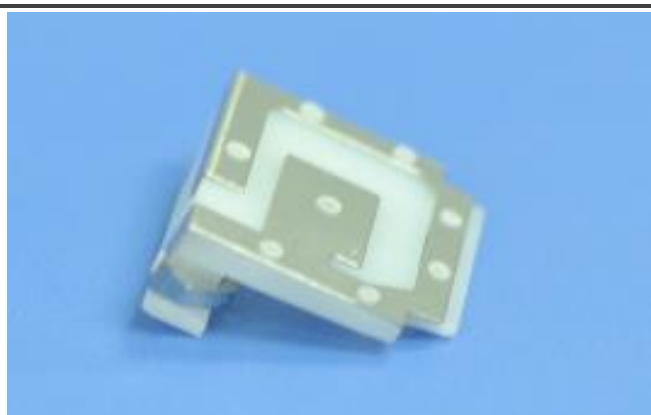


图 8: 带支架的单极天线

说明:

1. 单极天线一般只有一个信号馈点。当高频带宽不够时，需要用一個地馈点作寄生去增加高频带宽。
2. 天线体下方的主 PCB 板需要一定净空区，即所有层不能有金属铺地且不能铺设金属元器件。

3. GSM 两频要求天线体投影面积不小于 360 平方毫米，高度不低于 6mm。GSM 四频要求天线体投影面积不小于 400 平方毫米，高度不小于 8mm，天线净空区满足 30mm×20mm，高度 7mm 较理想。

3.4. FPC 振子天线

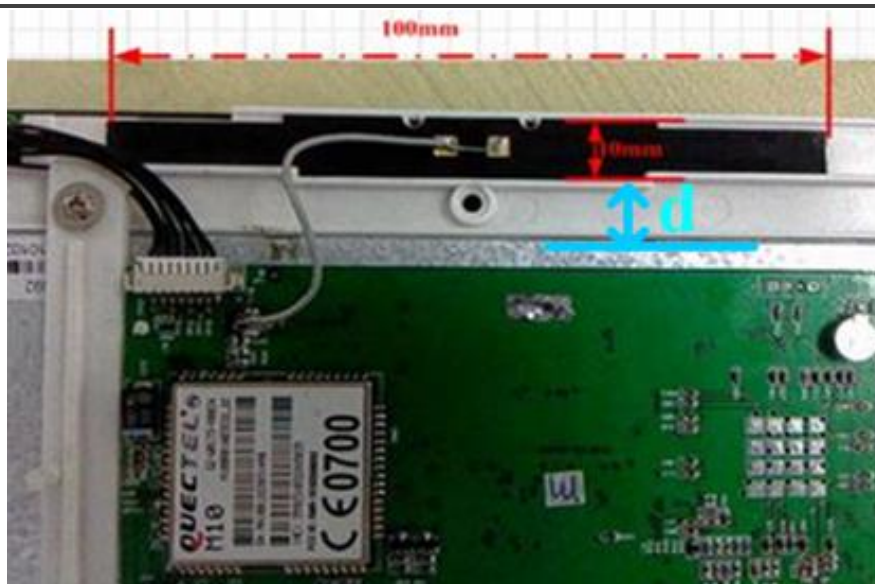


图 9：FPC 形式振子天线实例

说明：

天线内侧边缘距离主板地间距 d 不小于 8 毫米。

3.5. PCB 形式天线

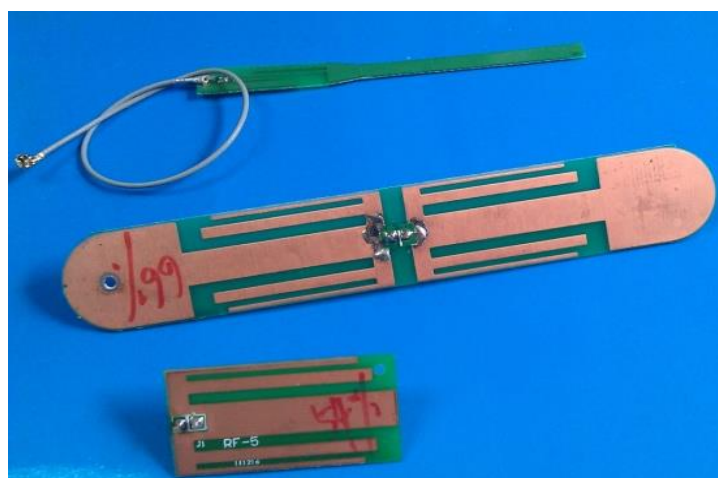


图 10：PCB 天线形式



图 11: PCB 天线实例

说明:

1. 该天线通常固定在机壳内侧，或者嵌在合适的槽内。不需要占用主板上的位置。
2. 天线周围不能有金属材质，距离主板地至少 8mm。
3. 天线通常以 RF 连接器或焊接形式与主板 RF 输出端相连。

3.6. Chip 天线



图 12: 陶瓷 Chip 天线实例

说明:

1. 该类天线辐射性能主要由天线两侧的辐射地来决定，故天线要放置在板边缘的中间位置，且距离两边辐射地“d”要尽可能满足 3cm 以上为佳。
2. 该天线正下方的主板区域需要净空。
3. 该天线可以采用 SMT 的形式进行贴装。

3.7. 镭雕（Laser Direct Structure）天线



图 13：镭雕天线形式

说明：

1. 生产的天线性能稳定，一致性好，精度高。制造流程短，无需电路图形模具，环保。
2. 因为是将天线镭射在设备外壳上，避免了设备内部元器件的干扰，保证了设备本身的信号；同时也增强了设备的空间利用率，保证一定程度的纤薄度。
3. LDS 天线产品的价格比普通天线产品要贵数倍以上。

3.8. 金属边框天线



图 14：金属边框天线形式

说明：

1. 该类天线为当下主流 4G 天线，用金属边框作天线的一部分。可通过 Switch 切换频段实现全频段覆盖。小主板上三个馈点，中间馈点作信号馈点，其他两个是弹片式地馈点，弹片将天线的主体与金属边框连接成一个整体的天线。弹片的位置是在天线调试过程中的最佳接触点。
2. 该类型天线正下方的主板区域需要净空区面积约 45mm×10mm，支架高度 7mm 较为理想。
3. 该天线需要断点来隔断边框与天线，常用对称的断点来隔断。

4 外置 2G/3G/4G 天线

4.1. 振子天线

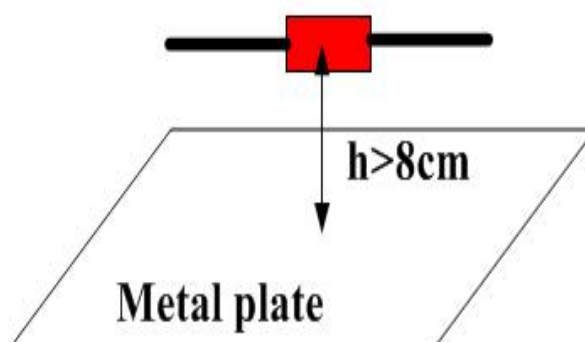


图 15: 振子天线形式

说明:

1. 天线辐射体距离反射板最小距离为 8cm。
2. Cable 线尽量短；且 Cable 线的外围屏蔽铜网至少 32 丝。

4.2. 单极天线



图 16：常见单极天线

说明：

1. 天线周围 20cm 范围内不能再有其它天线。
2. 烟杆天线驻波要求小于 4；吸盘天线驻波要求小于 2。
3. Cable 线尽量短；且 Cable 线的外围屏蔽铜网至少 32 丝。

4.3. PCB 天线

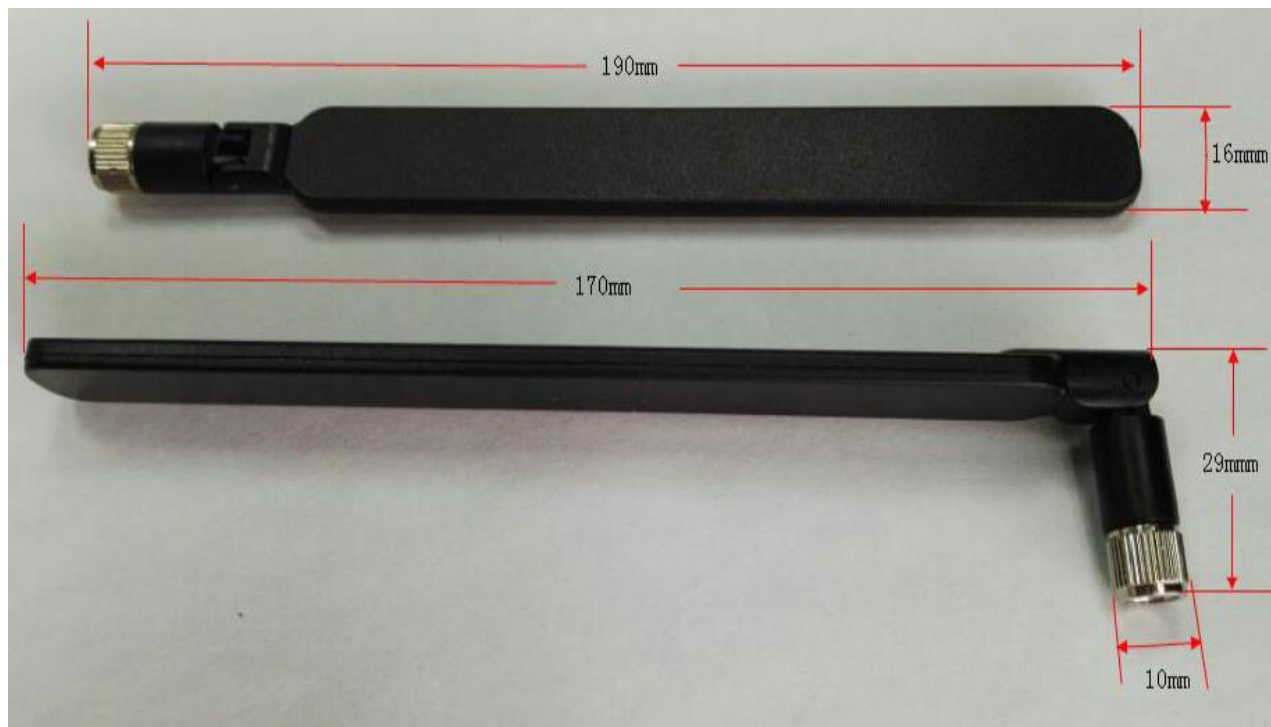


图 17: PCB 天线形式

说明:

1. 外置天线性能稳定，优越。
2. 使用时尽量将天线垂直地面方向摆放，同时避免周围有金属等物体遮挡。
3. LTE 天线有主集和分集之分，其中主集天线负责收发，分集天线只收不发；分集天线主要有抗多径衰落、抗高速衰落的作用。对于分集天线，其接收增益一般要比主天线增益差，但要尽量控制在 3dBi 以内。
4. 主集和分集天线的相对空间位置、摆放有一定要求，一般考虑距离隔离与极化隔离，要求天线间隔离度尽量高($\geq 10\text{dB}$)，主分集天线通常分布于主机的上下两端，使得整体性能更优。
5. LTE 多天线技术(MIMO)可具备显著提高数据传输速率与抗干扰等能力。

5 内置 GNSS 天线

5.1. GNSS 有源天线

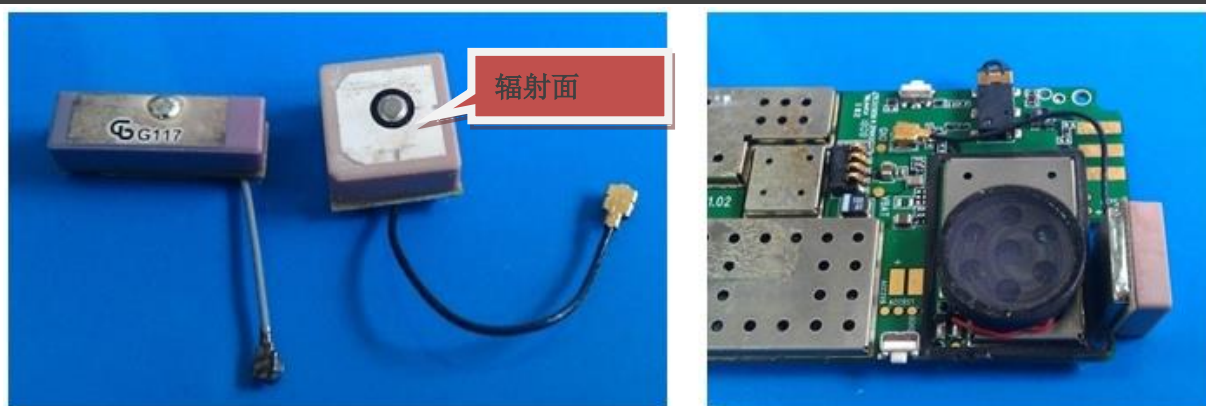


图 18: GNSS 有源天线

说明:

1. 有源天线自身带有 LNA 放大器来提高信号强度，实际使用中保证天线辐射面向天空。
2. 天线周围的金属器件都要低于天线辐射体。
3. 正方形为右旋圆极化；长方形为线极化。如果结构允许，尽量使用正方形结构，以便和卫星信号极化匹配。
4. RF Cable 线尽量短，最好选用低损耗线。

5.2. GNSS 无源天线

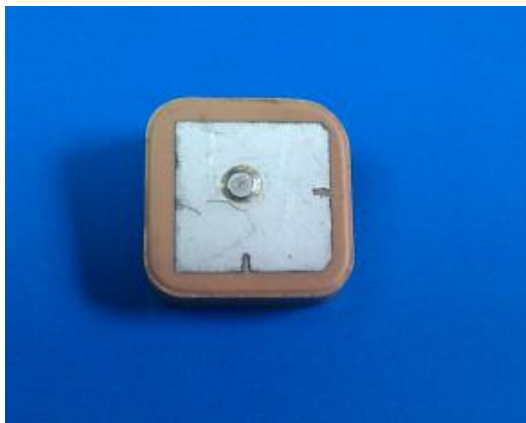


图 19: GNSS 无源天线形式



GNSS Patch Antenna

Top side



GNSS Patch Antenna
Feed Point

Bottom side

图 20: GNSS 无源天线实用案例

说明:

1. 无源天线需要主板上的 LNA 放大器来提高信号强度，保证在实际应用时，天线的辐射面向天空接收性能较佳。
2. 天线周围的金属器件都要低于天线辐射体。
3. 正方形为右旋圆极化；长方形为线极化。如果结构允许，尽量使用正方形结构，以便和卫星信号极化匹配。

6 外置 GNSS 天线

6.1. 外置 GNSS 天线



图 21：外置 GNSS 天线形式

说明：

1. 保证在实际应用时，天线辐射体面向天空。
2. 天线尽量放置在远离高金属器件区域，避免遮挡。
3. 正方形为右旋圆极化，长方形为线极化。如果结构允许，尽量使用正方形结构，以便和卫星信号极化匹配。
4. 建议根据实际需要，对 RF 电缆线长度进行定制，且尽量短。电缆线屏蔽铜网至少 32 丝。

7 内置 Wi-Fi 叠层天线

7.1. 内置 Wi-Fi 叠层天线

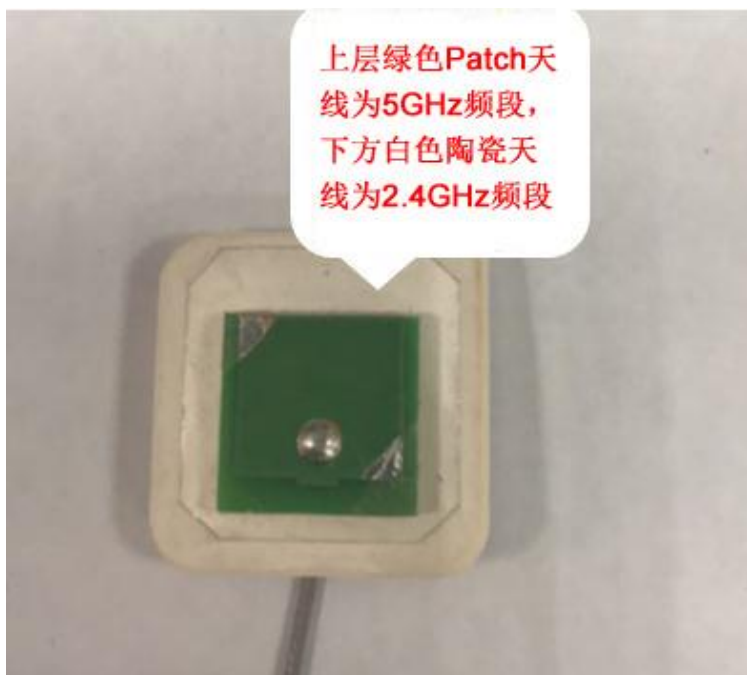


图 22: 内置 Wi-Fi 叠层天线形式

说明:

1. 此内产品用于无人机项目里（如大疆无人机），此类定向性天线可以将信号向需要的方向上更大性能的辐射出去，所用频段为 2.4GHz 和 5GHz，天线要尽量离主板距离 20mm。
2. 天线尽量放置在远离高金属器件区域，避免遮挡。
3. 上层绿色 PCB 材质的 Patch 天线为 5GHz 频段，下方的白色陶瓷天线为 2.4GHz 频段，两只天线的极化方式要设计成与发射天线的极化方式一样。
4. 建议根据实际需要，对 RF 线尽量短且采用低损耗线。

8 GNSS 天线隔离度设计需求

8.1. 天线隔离度

天线隔离度是指一个天线发射信号，通过另一个天线接收的信号与该发射天线信号的比值。天线隔离度取决于天线辐射方向图、天线的空间距离等。天线隔离度是为了尽量减少各种干扰对接收机的影响所采取的抑制干扰措施。

通常可通过如下方式增加天线隔离度：

- 增加天线之间的空间距离
- 避免方向上和干扰源面对面
- 在发射端增加滤波器或者在接收端干扰来的方向上加金属隔离网

8.2. 3G/4G 天线与 GNSS 天线隔离度设计需求

3G/4G 天线与 GNSS 天线隔离度设计需求如下：

- GNSS 有源天线与 3G/4G 天线之间的隔离度至少需满足 10dB。
- GNSS 无源天线与 3G/4G 天线之间的隔离度至少需满足 15dB。

8.3. Wi-Fi 天线与 GNSS 天线隔离度设计需求

Wi-Fi 天线与 GNSS 天线（有源天线与无源天线两者）隔离度设计需求如下：

- GNSS 天线与 2.4GHz Wi-Fi 天线之间的隔离度至少需满足 15dB。
- GNSS 天线与 5GHz Wi-Fi 天线之间的隔离度至少需满足 20dB。

为了达到这一要求，通常建议在 GNSS 天线前端加一个滤波器来抑制其他天线的干扰。

9 天线供应商及其联系方式

天线供应商	供应商地址	联系方式			主要产品
SAINTENNA (圣丹纳)	2 nd Floor, Building 8, No.611, Baoqi Road, Baoshan District, Shanghai, China (上海市宝山区 宝祁路 611 号 8 号楼 2 层)	吴晓芳	电话	+86-21-36307754 +86-152-2100-5199	Offers all kinds of internal/external antennas and LTE/ NB-IoT/WCDMA/ GNSS/Wi-Fi/ GSM antennas. (提供各种内、外置天 线和 LTE/NB-IoT/ WCDMA/GNSS/ Wi-Fi/GSM 天线等。)
			传真	+86-21-36307757	
			邮箱	wuxiaofang@saintenna.com	
JESONCOM (杰盛康)	No.358, Liuyuan Road., Baoshan District, Shanghai, China (上海宝山城市 工业园区柳园路 358 号)	张月刚/ 於冬林	电话	+86-181-0181-6628 (张) +86-186-2185-0533 (於)	Offers all kinds of internal/external antennas and LTE/ NB-IoT/ WCDMA/ GNSS/EVDO/ GSM antennas. (提供各种内、外置天 线, 以及 LTE/ NB-IoT/ WCDMA/GNSS/ EVDO/GSM 天线等。)
			传真	+86-21-66276923	
			邮箱	Alex.zhang@shjesoncom.com	
			网址	www.shjesoncom.com	
SHEN XUN (上海深讯通 信技术)	2 nd Floor, Building 3, No. 2710 Fengxiang Road, Jiading District, Shanghai, China (上海市嘉定区 丰翔路 2710 号 3 号楼二楼)	李玄文	电话	+86-135-6499-3005	Offers all kinds of internal/external antennas and LTE/ NB-IoT/ WCDMA/ GNSS/EVDO/ GSM antennas. (提供各种内、外置天 线, 以及 LTE/ NB-IoT/ WCDMA/GNSS/ EVDO/GSM 天线 等。)
			传真	+86-21-69986369	
			邮箱	lxw@sh-shenxun.com	
			网址	www.sh-shenxun.com	
Antenova (安诺亚)	2 nd floor, Titan Court, 3 Bishop Square, Hatfield, Herts, AL10 9NA,		传真	+44 (0) 1223 810650	Antenova's broad range of antennas and RF solutions are ideally suited for GSM and CDMA, 3G, 4G,
			电话	+44 (0) 1223 810600	
			邮箱	sales@antenova-m2m.com	

	United Kingdom		网址	www.antenova-m2m.com	LTE, GNSS, Wi-Fi®, Bluetooth®, WiMAX™, WiBro, ZigBee®, FM, mobile TV and M2M applications.
Pulse Electronics	No.99, Huo Jju Road, Suzhou New District, Suzhou City, Jiangsu Province, Suzhou P.R. China (中国江苏省苏州市苏州新区火炬路 99 号)	史金春	传真	+86-512-6809-8023	Pulse Electronics is a leading global supplier of LTE, WLAN, 3G/ 4G, navigation, and M2M fixed and mobile solutions.
			电话	+86-187-1789-6755	
			邮箱	gavinshi@pulseelectronics.com	
			网址	www.pulseelectronics.com	
INPAQ (佳邦)	No. 1800 Zhongshan West Road, 4th Floor, Zhao Feng Universe Building Block D, Xuhui District, Shanghai, China (徐汇区中山西路 1800 号兆丰环球大厦 4 楼 D 座)	陈甜甜	手机	+86-134-7249-1553	INPAQ offers all kinds of GNSS antenna such as patch antenna, active antenna, chip antenna and customized antenna. (GNSS 内置有源、无源 Patch 天线; GNSS 外置有源、无源天线; 各种 Chip 天线; 客户定制天线)
			电话	+86-21-64400398-26816	
			邮箱	tt.chen@inpaqgp.com	
			网址	www.inpaq.com.tw/	
Sunnyway (上海守远)	Room 302, Building 65, No. 421, Hongcao Road, Xuhui District, Shanghai, China (上海市徐汇区虹漕路 421 号 65 号楼 302)	姚清清	手机	+86-139-1774-5111	Offers all kinds of internal/external antennas and LTE/ NB-IoT/ WCDMA/ GNSS/EVDO/ GSM antennas. (提供各种内、外置天线, 以及 LTE/ NB-IoT/ WCDMA/GNSS/ EVDO/GSM 天线等。)
			电话	+86-21-64842326	
			邮箱	yaoqingqing@sunnyway.com	
			网址	www.sunny-way.com	
VLG (维力谷)	Room 1B-102, Building 3, No. 401, Caobao Road, Xuhui District,	张桥	手机	+86-159-8667-1903	Offers all kinds of internal/external antennas and LTE/ NB-IoT/ WCDMA/ GNSS/EVDO/
			电话	+86-21-54452321	
			邮箱	Pm4@vlg.com.cn	

	Shanghai, China (上海市徐汇区 漕宝路 401 号 3 号楼 1B-102)		网址	www.vlg.com.cn	GSM antennas. (提供各种内、外置天 线, 以及 LTE/ NB-IoT/ WCDMA/GNSS/ EVDO/GSM 天线等。)
Note: If the salesmen listed above cannot be contacted for some reason, please visit their web site and get the products and contact information. 由于任何原因导致您无法联系到上述销售人员时, 您可登陆其官网查询产品及联系方式等信息。					