

天线设计指导

版本：天线设计指导_V3.2

日期：2020-02-13

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

上海市闵行区田林路 1016 号科技绿洲 3 期（B 区）5 号楼 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://www.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://www.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 2020，保留一切权利。

Copyright © Quectel Wireless Solutions Co., Ltd. 2020.

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尚远（Sunnyway）和维力谷（VLG）
3.0	2019-06-21	徐雷	此次文档变动较多，因此建议通篇阅读。
3.1	2019-07-04	徐雷	更新天线供应商信息

3.2	2020-02-13	徐雷	<ol style="list-style-type: none">1. 删除天线供应商信息。2. 增加移远通信天线设计服务章节（第 9 章）。
-----	------------	----	---

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/5G 天线	10
3.1. FPC 天线	10
3.2. 带塑料支架的弹片天线	12
3.3. 镭雕天线	13
3.4. 金属天线	14
3.5. 芯片天线	15
3.6. PCB Trace 天线	16
3.7. 其他天线	17
4 外置 2G/3G/4G/5G 天线	19
4.1. 振子天线	19
4.2. 吸盘天线	20
4.3. 套筒天线	21
5 内置 GNSS 天线	22
5.1. GNSS 有源天线	22
5.2. GNSS 无源天线	23
6 外置 GNSS 天线	24
6.1. 外置 GNSS 天线	24
7 内置 Wi-Fi 叠层天线	25
7.1. 内置 Wi-Fi 叠层天线	25
8 天线隔离度设计需求	26
8.1. 天线隔离度	26
8.2. 3G/4G/5G 天线与 GNSS 天线隔离度设计需求	26
8.3. 其他天线隔离度设计需求	26
9 天线设计服务	28

表格索引

表 1: 电压驻波比和回波耗损	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	11
图 5: 带塑料支架的弹片天线	12
图 6: 镭雕天线	13
图 7: 金属天线实例	14
图 8: 芯片天线	15
图 9: PCB Trace 天线	16
图 10: 其他天线形式	17
图 11: 振子天线形式	19
图 12: 吸盘天线	20
图 13: 套筒天线	21
图 14: 带焊针的 GNSS 有源天线	22
图 15: 带焊针的 GNSS 无源天线	23
图 16: GNSS 无源天线实际应用	23
图 17: 外置 GNSS 天线	24
图 18: 内置 Wi-Fi 叠层天线形式	25

1 器件摆件及天线馈点推荐位置

本文档适用于所有移远通信模块。

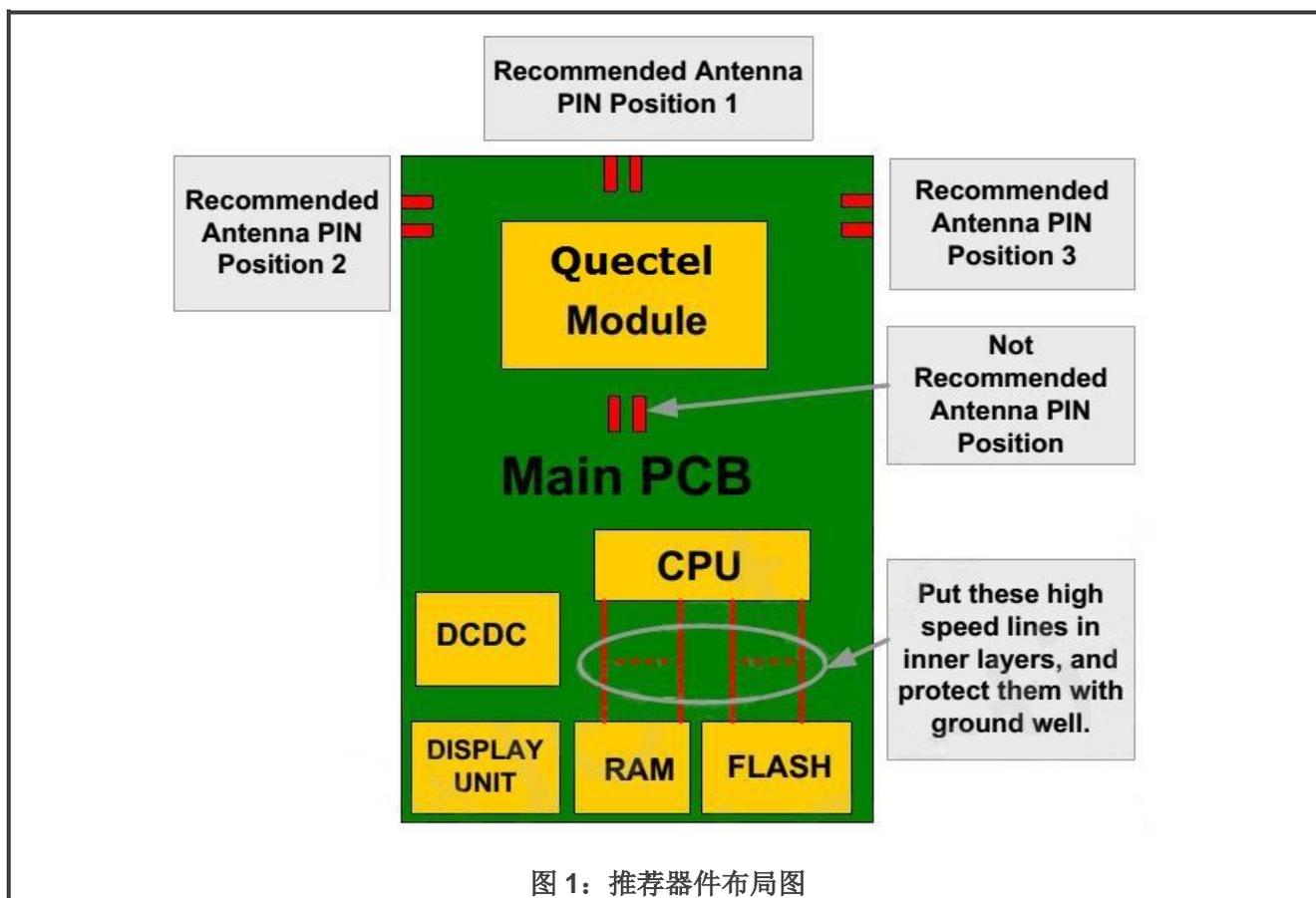


图 1: 推荐器件布局图

说明:

1. 建议在摆放模块时射频端口靠外侧；射频走线尽量不要打孔、换层。射频走线需要做 50Ω 阻抗控制，并保证射频端口到天线的走线最短。如果射频端口距离天线较远，建议使用射频线连接。
2. 天线馈点尽量放在 PCB 板的边缘区域，不要放在 PCB 板内侧。对于有相近频段的两天线，在环境允许的情况下，两天线摆放距离要达到最低频率的 1/4 波长以外；距离过近时，可尽量正交摆放。
3. 一般情况下，两天线间的隔离度最少要求达到 10dB 以上，以免产生互扰。
4. 天线摆放位置请尽量远离 CPU/SDRAM/Flash/DC-DC/USB/屏排线等，建议天线和上述器件在 PCB 板的表层和底层异侧放置。
5. 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。建议在 CPU 和屏之间的高速线上增加 EMI 滤波器。
6. 建议将 CPU/SDRAM/Flash/DC-DC/屏连接器等放到屏蔽罩内部。屏蔽罩建议使用洋白铜材质。

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 : 发射机供给天线的功率，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

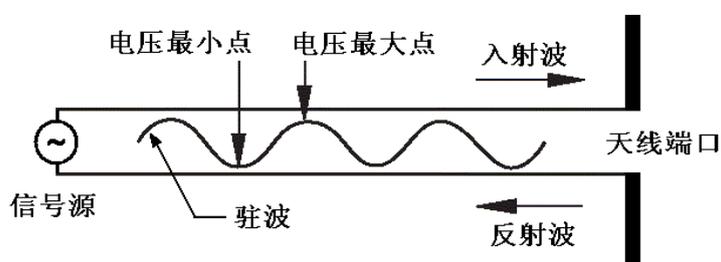
G: 天线的发送增益, 单位为 dBi

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)	-20.83	-19.09	-17.69	-16.54	-15.56	-13.98	-9.54

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	线极化: 垂直、水平 圆极化: 左旋、右旋

3 内置 2G/3G/4G/5G 天线

3.1. FPC 天线

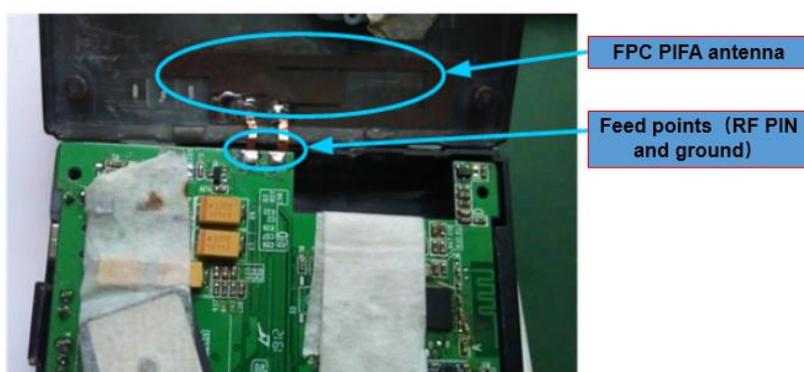


图 2: 带焊接馈点的 FPC PIFA 天线

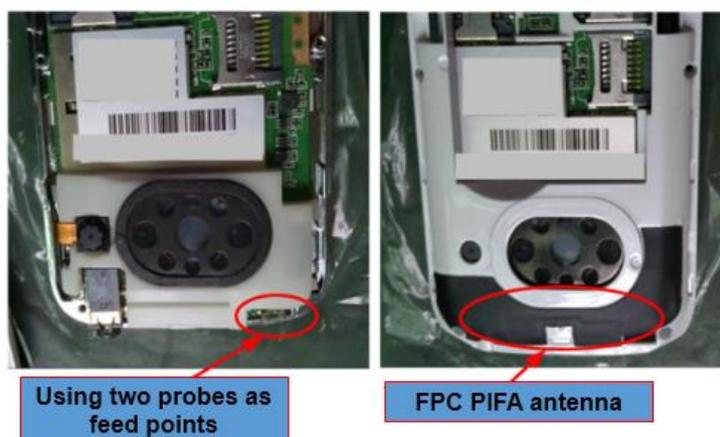


图 3: 带弹簧顶针馈点的 FPC PIFA 天线

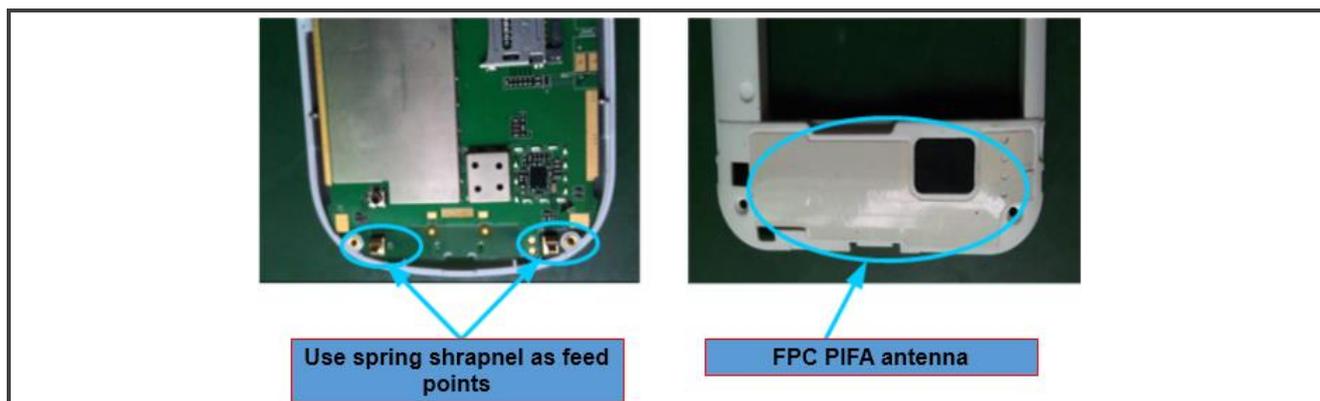


图 4：弹片作为馈点的 FPC PIFA 天线

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以固定天线。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 天线需要用到三个馈点：中间馈点为信号馈点；一个馈点为地馈点；调试时发现高频带宽不够时，需要通过另一地馈点作为寄生以增加高频带宽。
2. 为保证天线性能，机壳内侧（即天线体）距离主 PCB 板的距离建议大于 5mm（具体距离还请参考天线厂评估结果）。
3. 对于弧度较为明显的机壳位置，注意 FPC 天线要增加应力孔与应力槽，以避免天线起翘或粘贴不牢。工作环境温度较高时，FPC 天线的 3M 胶粘贴强度会变弱，因此需要增加热熔柱或通过其它组装方法以限位。
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. 带塑料支架的弹片天线

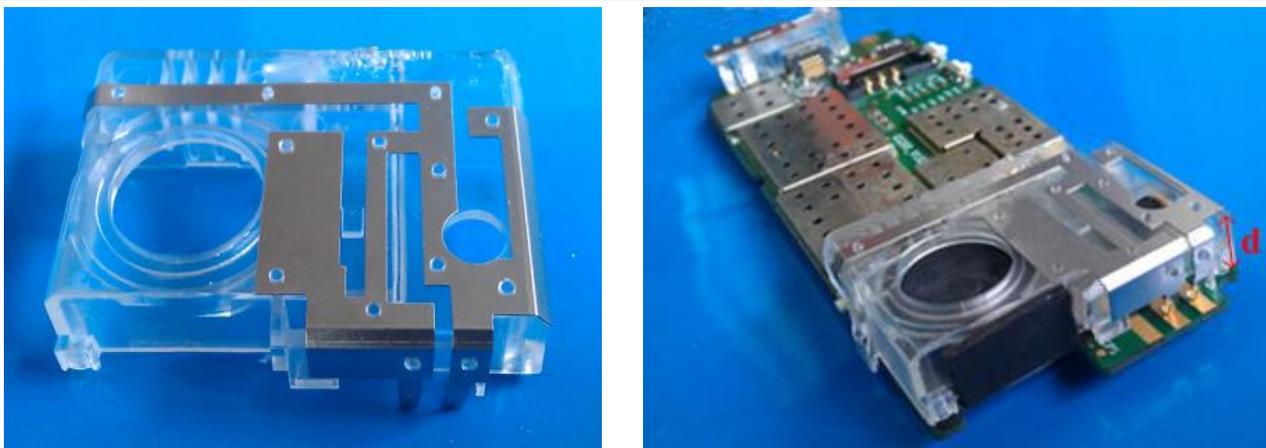


图 5：带塑料支架的弹片天线

说明：

1. 该类型天线需要三个馈点：中间馈点为信号点，两边馈点为地馈点。通常会用一个信号点与一个地馈点调试天线；当高频带宽不够宽时，则需要用另一个地馈点为寄生以用来增加高频带宽（弹片天线在天线厂评估初期建议射频、结构同时介入，天线支架需要根据天线厂需求制作）。
2. 该类型天线由于材质较硬；走线形式比较单一；天线的走线面积一般较大，因此对天线的环境要求更高。

3.3. 镭雕天线



图 6：镭雕天线

说明：

1. 天线性能稳定，一致性好，精度高。
2. 结构多样性，可以在壳体或支架上任意走线，不占用整机空间。
3. 因天线工艺与支架材质等主要因素，镭雕天线要比普通天线价格贵数倍以上。
4. 因金属附着在塑胶支架上，塑胶支架若变形则可能会引起天线断裂。

3.4. 金属天线



图 7：金属天线实例

说明：

1. 该类天线为当下主流 4G 天线，使用金属边框作为天线的一部分，配合整机较为美观。
2. 天线设计常采用 Tuner 加 Switch 切换。

3. 研发成本高、难度大，需要天线厂、终端、壳料厂、电路等紧密配合。

3.5. 芯片天线

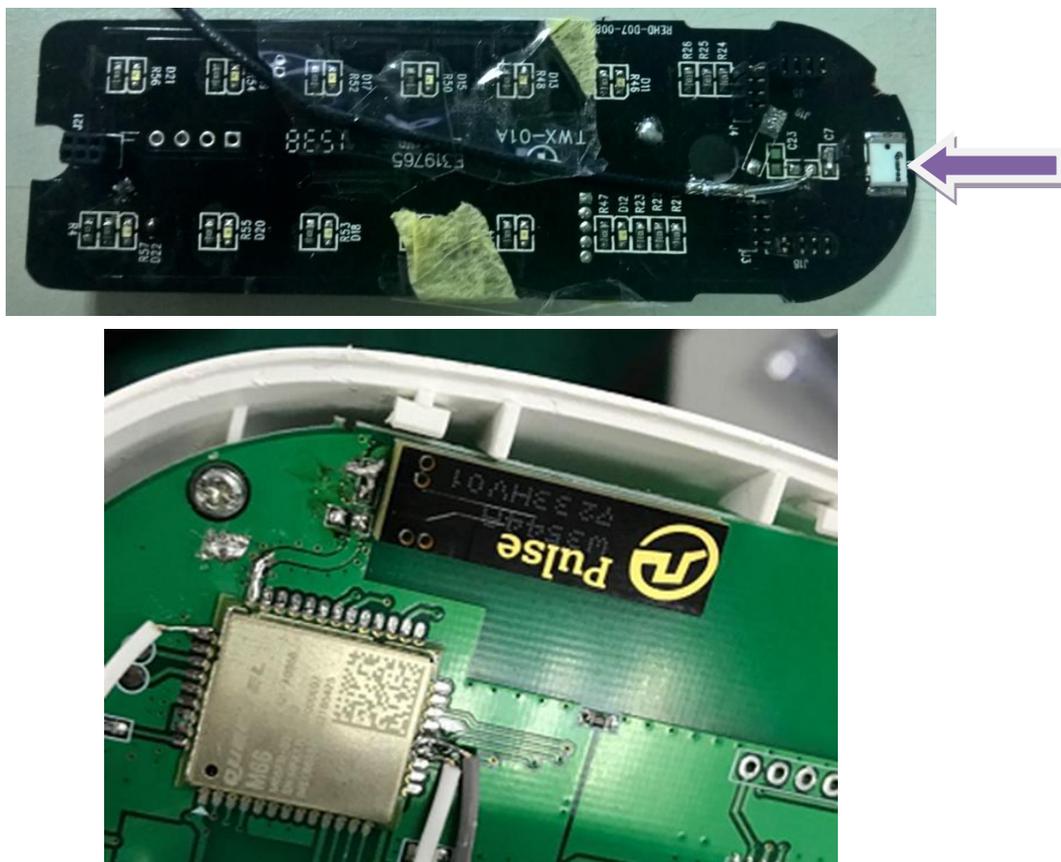


图 8：芯片天线

说明：

1. 该类天线对净空要求较大，成本较高。
2. 该天线需要严格按照供应商 datasheet 的建议，预留天线空间和摆放位置。
3. 该天线可以采用 SMT 的形式进行贴装，天线建议放置到板边位置。
4. 天线的环境与匹配形式对天线的性能影响会很大。

3.6. PCB Trace 天线

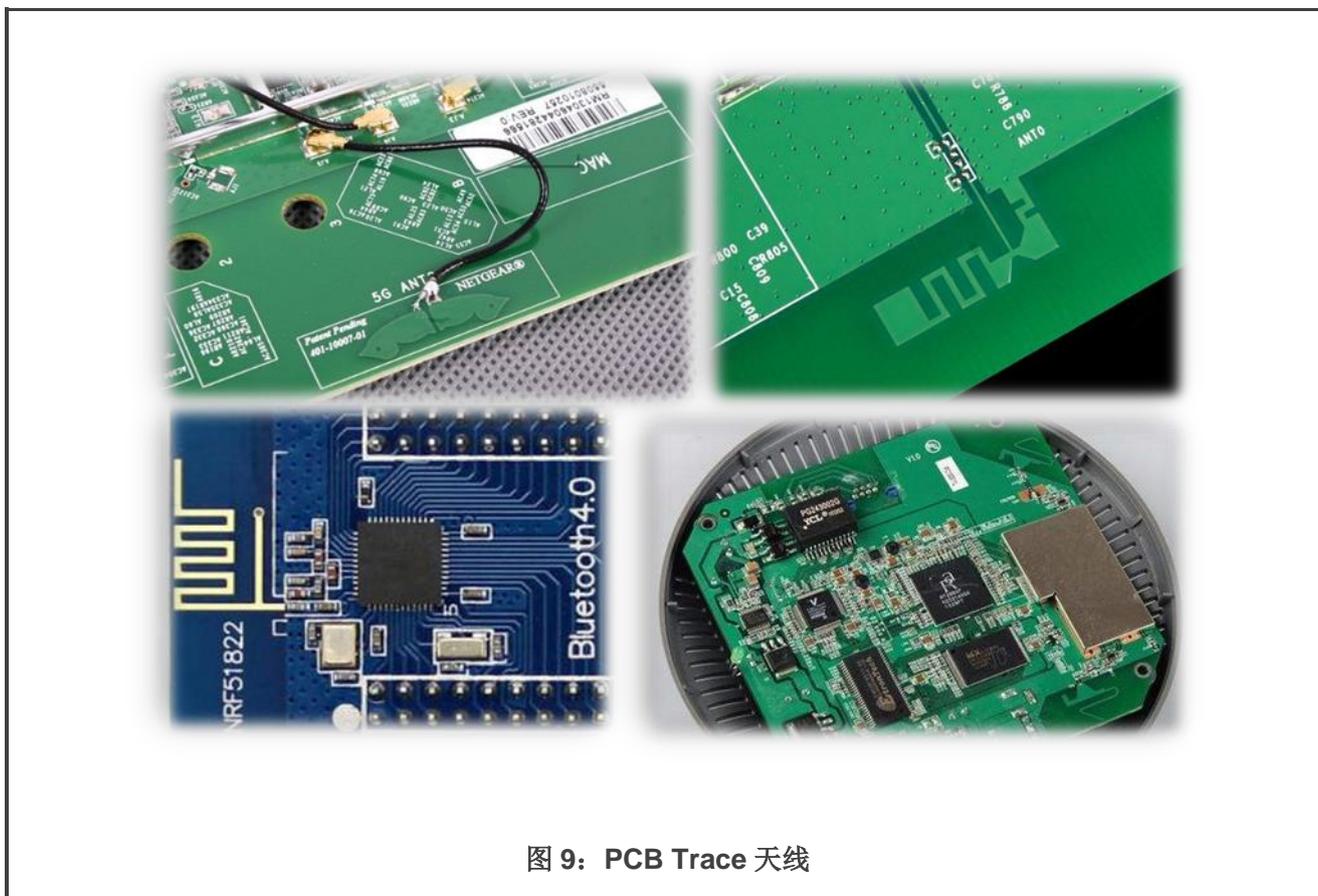


图 9: PCB Trace 天线

说明:

1. 主板 Layout 初期就要进行天线评估，预留足够的天线空间。
2. 受外界环境影响较大，不同的板材、摆放位置、Layout 对天线均有影响。
3. 目前多用于频段较少的设备，且除天线走线区域以外，主板上接地层的长度不能低于最低频段的 $1/4$ 波长。

3.7. 其他天线



图 10: 其他天线形式

说明:

1. 其他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。天线使用面积较大，一般长度在 $1/4 \sim 1/2$ 波长之间。
3. 天线通常以 RF 连接器或焊接形式与主板 RF 输出端相连。
4. 部分天线需要借助整机和主板的 GND 进行调试。

4 外置 2G/3G/4G/5G 天线

4.1. 振子天线



说明：

1. 天线辐射体距离反射板最小距离大于 8cm，频段较为单一，多为 2G 天线。
2. 天线连接线的长度直接影响到天线的性能，建议外接距离较长时选择低损线材。

4.2. 吸盘天线



图 12: 吸盘天线

说明:

1. 频段较少，方便移动。需要根据不同的工作环境挑选不同的天线。
2. 摆放在不同材质上时，天线的性能是不一样的。一般直接摆放在金属物上，性能会最优。
3. 天线连接线的长度直接影响到天线的性能，建议外接距离较长时选择低损线材。

4.3. 套筒天线



图 13: 套筒天线

说明:

1. 此天线类型较多，频段覆盖较广，更换方便。
2. 天线内部有可能是 PCB/铜管、FPC 等形式。
3. 需要根据不同的工作环境挑选不同的天线。
4. 增加专用底座后可以转变为吸盘天线。

5 内置 GNSS 天线

5.1. GNSS 有源天线



图 14: 带焊针的 GNSS 有源天线

说明:

1. 有源天线自身带有 LNA 来提高信号强度，实际使用中需要保证天线的辐射面朝向天空。
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，请尽量使用正方形结构，以便更好接收卫星信号。
4. 天线连接线请尽量短，最好选用低损耗线。
5. 注意主板上需要预留给 LNA 的供电，并且板端阻抗线需要预留隔直电容，供电与阻抗线之间需串联 56nH 以上电感。

5.2. GNSS 无源天线

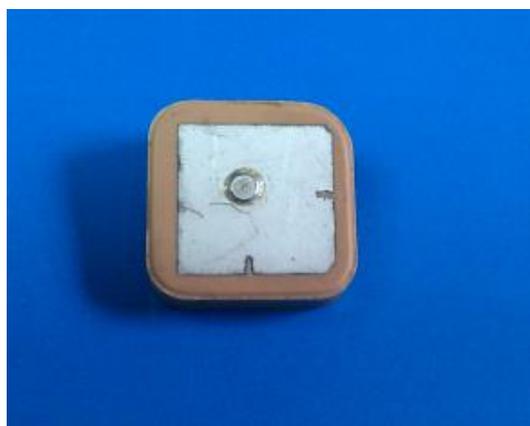


图 15: 带焊针的 GNSS 无源天线



GNSS Patch Antenna

Top side



GNSS Patch Antenna
Feed Point

Bottom side

图 16: GNSS 无源天线实际应用

说明:

1. 无源天线需要主板上的 LNA 来提高信号强度，在实际应用中天线的辐射面应朝向天空以保证较佳接收性能。
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，请尽量使用正方形结构，以便更好接收卫星信号。

6 外置 GNSS 天线

6.1. 外置 GNSS 天线



图 17: 外置 GNSS 天线

说明:

1. 保证在实际应用时，天线辐射体应面向天空。
2. 天线尽量放置在远离高金属器件区域、避免遮挡。
3. 根据实际需要选择天线连接线长度，建议尽量短。
4. 需要根据不同的模块来匹配天线内置 LNA 的增益大小。
5. 注意主板需要预留给 LNA 的供电，并且板端阻抗线需要预留隔直电容，供电与阻抗线之间需串联 56nH 以上电感。

7 内置 Wi-Fi 叠层天线

7.1. 内置 Wi-Fi 叠层天线

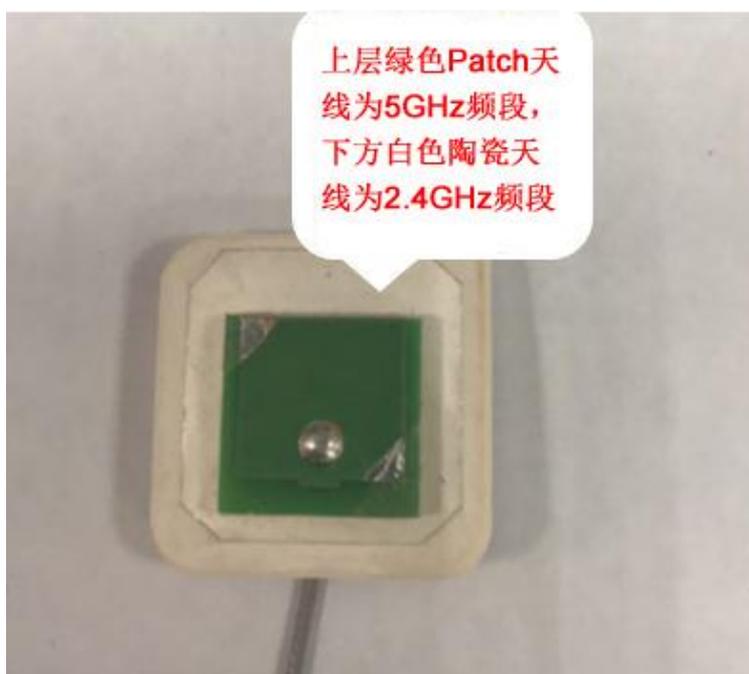


图 18: 内置 Wi-Fi 叠层天线形式

说明:

1. 该类天线常用于无人机项目里。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. 根据实际需要选择天线连接线长度，建议尽量短且采用低损耗线。

8 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
- 近似频段天线间正交摆放
- 寻找天线高增益方向，避免各天线高增益方向交叉
- 改变天线的走线形式

此外，可以使用滤波器，滤除某天线端口需求以外的频段，减少天线隔离度不足造成的干扰。

8.2. 3G/4G/5G 天线与 GNSS 天线隔离度设计需求

3G/4G/5G 天线与 GNSS 天线隔离度设计需求如下：

- GNSS 有源天线与 3G/4G/5G 天线之间的隔离度至少需满足 10dB。
- GNSS 无源天线与 3G/4G/5G 天线之间的隔离度至少需满足 15dB。

通常建议在 GNSS 天线和模块之间增加一个滤波器来抑制其他天线的干扰。

8.3. 其他天线隔离度设计需求

- 其他各天线之间隔离度至少需满足 15dB。
- 频率相近情况下两天线之间才会产生较强的隔离度影响。所以两天线在一起使用时，并不一定是天线支持的频段越多越好。

例如：整机支持 GSM B1/B3/B5/B8 + LTE B1/B3/B7，则主天线需要支持所有频段，分集天线只需支持 LTE 频段即可；这样可以有效的避免低频部分的隔离度影响。

9 天线设计服务

移远通信天线设计服务团队，可满足客户的任意如下需求：

- 天线设计咨询/评估
- 天线设计、测试
- 认证调试支持
- 天线生产方案

如有任何天线设计需求，请联系 antenna.support@quectel.com。