

FC41D 硬件设计手册

Wi-Fi&Bluetooth 模块系列

版本：1.1

日期：2023-02-28

状态：受控文件



上海移远通信技术股份有限公司（以下简称“移远通信”）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 5108 6236 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，请随时登陆网址：
<http://www.quectel.com/cn/support/technical.htm> 或发送邮件至：support@quectel.com。

前言

移远通信提供该文档内容以支持客户的产品设计。客户须按照文档中提供的规范、参数来设计产品。同时，您理解并同意，移远通信提供的参考设计仅作为示例。您同意在设计您目标产品时使用您独立的分析、评估和判断。在使用本文档所指导的任何硬软件或服务之前，请仔细阅读本声明。您在此承认并同意，尽管移远通信采取了商业范围内的合理努力来提供尽可能好的体验，但本文档和其所涉及服务是在“可用”基础上提供给您的。移远通信可在未事先通知的情况下，自行决定随时增加、修改或重述本文档。

使用和披露限制

许可协议

除非移远通信特别授权，否则我司所提供硬软件、材料和文档的接收方须对接收的内容保密，不得将其用于除本项目的实施与开展以外的任何其他目的。

版权声明

移远通信产品和本协议项下的第三方产品可能包含受移远通信或第三方材料、硬软件和文档版权保护的相关资料。除非事先得到书面同意，否则您不得获取、使用、向第三方披露我司所提供的文档和信息，或对此类受版权保护的资料进行复制、转载、抄袭、出版、展示、翻译、分发、合并、修改，或创造其衍生作品。移远通信或第三方对受版权保护的资料拥有专有权，不授予或转让任何专利、版权、商标或服务商标权的许可。为避免歧义，除了正常的非独家、免版税的产品使用许可，任何形式的购买都不可被视为授予许可。对于任何违反保密义务、未经授权使用或以其他非法形式恶意使用所述文档和信息的违法侵权行为，移远通信有权追究法律责任。

商标

除另行规定，本文档中的任何内容均不授予在广告、宣传或其他方面使用移远通信或第三方的任何商标、商号及名称，或其缩略语，或其仿冒品的权利。

第三方权利

您理解本文档可能涉及一个或多个属于第三方的硬软件和文档（“第三方材料”）。您对此类第三方材料的使用应受本文档的所有限制和义务约束。

移远通信针对第三方材料不做任何明示或暗示的保证或陈述，包括但不限于任何暗示或法定的适销性或特定用途的适用性、平静受益权、系统集成、信息准确性以及与许可技术或被许可人使用许可技术相关的不侵犯任何第三方知识产权的保证。本协议中的任何内容都不构成移远通信对任何移远通信产品或任何其他硬件、设备、工具、信息或产品的开发、增强、修改、分销、营销、销售、提供销售或以其他方式维持生产的陈述或保证。此外，移远通信免除因交易过程、使用或贸易而产生的任何和所有保证。

隐私声明

为实现移远通信产品功能，特定设备数据将会上传至移远通信或第三方服务器（包括运营商、芯片供应商或您指定的服务器）。移远通信严格遵守相关法律法规，仅为实现产品功能之目的或在适用法律允许的情况下保留、使用、披露或以其他方式处理相关数据。当您与第三方进行数据交互前，请自行了解其隐私保护和数据安全政策。

免责声明

- 1) 移远通信不承担任何因未能遵守有关操作或设计规范而造成损害的责任。
- 2) 移远通信不承担因本文档中的任何因不准确、遗漏、或使用本文档中的信息而产生的任何责任。
- 3) 移远通信尽力确保开发中功能的完整性、准确性、及时性，但不排除上述功能错误或遗漏的可能。除非另有协议规定，否则移远通信对开发中功能的使用不做任何暗示或法定的保证。在适用法律允许的最大范围内，移远通信不对任何因使用开发中功能而遭受的损害承担责任，无论此类损害是否可以预见。
- 4) 移远通信对第三方网站及第三方资源的信息、内容、广告、商业报价、产品、服务和材料的可访问性、安全性、准确性、可用性、合法性和完整性不承担任何法律责任。

版权所有©上海移远通信技术股份有限公司 2023，保留一切权利。

Copyright © Quectel Wireless Solutions Co., Ltd. 2023.

安全须知

为确保个人安全并保护产品和工作环境免遭潜在损坏，请遵循如下安全须知。产品制造商需要将下列安全须知传达给终端用户，并将所述安全须知体现在终端产品的用户手册中。移远通信不会对用户因未遵循所述安全规则或错误使用产品而产生的后果承担任何责任。



道路行驶，安全第一！开车时请勿使用手持移动终端设备，即使其有免提功能。请先停车，再打电话！



登机前请关闭移动终端设备。在飞机上禁止开启移动终端的无线功能，以防止对飞机通讯系统的干扰。未遵守该提示项可能会影响飞行安全，甚至触犯法律。



出入医院或健康看护场所时，请注意是否存在移动终端设备使用限制。射频干扰可能会导致医疗设备运行失常，因此可能需要关闭移动终端设备。



移动终端设备并不保障在任何情况下均能进行有效连接，例如在设备欠费或(U)SIM卡无效时。如果设备支持紧急呼叫功能，请使用紧急呼叫，同时请确保设备开机并且位于信号强度足够的区域。因不能保证所有情况下网络都能连接，故在紧急情况下，不能将带有紧急呼叫功能的设备作为唯一的联系方式。



移动终端设备在开机时会接收和发射射频信号。当靠近电视、收音机、电脑或者其他电子设备时都会产生射频干扰。



确保移动终端设备远离易燃易爆品。当靠近加油站、油库、化工厂或爆炸作业场所时，请关闭移动终端设备。在任何有潜在爆炸危险的场所操作电子设备均存在安全隐患。

文档历史

修订记录

版本	日期	作者	变更表述
-	2022-08-02	Soni RAO/ Michael DU	文档创建
1.0	2022-08-23	Soni RAO/ Michael DU	受控版本
1.1	2023-02-28	Lisa LI	<ol style="list-style-type: none"> 1. 新增模块支持 4 MB flash 信息（第 2.1 章）。 2. 更新 ADC 接口分辨率和采样率（表 15）。 3. 新增射频天线连接器信息（第 3.13.2.3 章）。 4. 更新 PCB 主板净空区域信息（图 19）。 5. 更新射频同轴连接器相关信息（第 3.13.4 章）。 6. 更新模块俯视及侧视尺寸图（图 27）。 7. 更新模块俯视和底视效果图（图 30、31、32）。 8. 更新最大升温斜率和冷却降温斜率要求（第 6.2 章）。 9. 更新模块载带尺寸图（图 34）。 10. 新增模块贴片方向（第 6.3.3 章）。

目录

安全须知	3
文档历史	4
目录	5
表格索引	7
图片索引	8
1 引言	9
1.1. 特殊符号	9
2 产品综述	10
2.1. 基本描述	10
2.2. 关键特性	10
2.3. 功能框图	12
2.4. 评估板套件	12
3 应用接口	13
3.1. 基本描述	13
3.2. 引脚分配图	14
3.3. 引脚描述表	15
3.4. 电源设计	18
3.5. 模块复位	19
3.6. 无线应用接口	20
3.6.1. UART	20
3.6.2. SPI*	22
3.7. I2C 接口*	22
3.8. PWM 接口*	23
3.9. WAKEUP 接口	23
3.10. 网络状态指示	23
3.11. GPIO 接口*	24
3.12. ADC 接口*	25
3.13. 天线接口	25
3.13.1. 工作频率	25
3.13.2. ANT_WIFI/BT 天线（可选）	26
3.13.2.1. 射频信号线布线指导	26
3.13.2.2. 天线设计要求	28
3.13.2.3. 射频连接器推荐	28
3.13.3. 板载 PCB 天线参数	30
3.13.4. 射频同轴连接器（可选）	31
3.13.4.1. 天线座规格	31
3.13.4.2. 射频连接器安装	32
3.13.4.3. 手动插拔同轴电缆插头	33
3.13.4.4. 治具插拔同轴电缆插头	34
3.13.4.5. 射频连接器和连接线厂家推荐	34

4	可靠性、射频特性和电气特性	35
4.1.	绝对最大额定值	35
4.2.	电源额定值	35
4.3.	数字逻辑电平特性	36
4.4.	功耗	36
4.4.1.	低功耗模式	36
4.4.2.	正常工作模式	37
4.5.	射频性能	38
4.5.1.	Wi-Fi 性能	38
4.5.2.	BLE 性能	39
4.6.	静电防护	40
4.7.	工作和存储温度	40
5	机械尺寸	41
5.1.	机械尺寸	41
5.2.	推荐封装	43
5.3.	俯视图和底视图	44
6	存储、生产和包装	46
6.1.	存储条件	46
6.2.	生产焊接	47
6.3.	包装规格	48
6.3.1.	载带	48
6.3.2.	胶盘	49
6.3.3.	模块贴片方向	50
6.3.4.	包装流程	50
7	附录 参考文档及术语缩写	52

表格索引

表 1: 特殊符号	9
表 2: 关键特性	10
表 3: I/O 参数定义	15
表 4: 引脚描述	15
表 5: 电源引脚和地引脚定义	18
表 6: CEN 引脚定义	19
表 7: UART 引脚定义	20
表 8: SPI 引脚定义	22
表 9: I2C 接口引脚定义	22
表 10: PWM 接口引脚定义	23
表 11: WAKEUP 接口引脚定义	23
表 12: 网络状态指示引脚定义	23
表 13: GPIO 接口引脚定义	24
表 14: ADC 接口引脚定义	25
表 15: ADC 接口特性	25
表 16: 工作频率 (单位: GHz)	25
表 17: 天线接口引脚定义	26
表 18: 天线要求	28
表 19: 板载 PCB 天线参数	30
表 20: 天线座主要特性	31
表 21: 绝对最大额定值	35
表 22: 额定电源值	35
表 23: 数字逻辑电平特性	36
表 24: 低功耗模式	36
表 25: 正常工作模式	37
表 26: 2.4 GHz Wi-Fi 发射功率	38
表 27: 2.4 GHz Wi-Fi 接收灵敏度	38
表 28: 2.4 GHz Wi-Fi OTA 总辐射功率测试	38
表 29: 2.4 GHz Wi-Fi OTA 总全向灵敏度测试	39
表 30: BLE 传导发射功率/接收灵敏度	39
表 31: ESD 性能参数 (温度: 25~30 °C, 湿度: 40 ±5 %)	40
表 32: 工作和存储温度 (单位: °C)	40
表 33: 推荐的炉温测试控制要求	47
表 34: 载带尺寸表 (单位: mm)	49
表 35: 胶盘尺寸表 (单位: mm)	50
表 36: 参考文档	52
表 37: 术语缩写	52

图片索引

图 1: 功能框图	12
图 2: 引脚分配俯视图	14
图 3: 电源参考电路	18
图 4: 开机时序图	19
图 5: 开集驱动复位参考电路	19
图 6: 按键复位参考电路	20
图 7: 复位时序图	20
图 8: 主 UART 连接示意图	21
图 9: 调试 UART 参考电路	21
图 10: 网络指示参考电路	24
图 11: 天线接口参考设计	26
图 12: 两层 PCB 板微带线结构	26
图 13: 两层 PCB 板共面波导结构	27
图 14: 四层 PCB 板共面波导结构 (参考地为第三层)	27
图 15: 四层 PCB 板共面波导结构 (参考地为第四层)	27
图 16: 天线座尺寸 (单位: mm)	28
图 17: 与天线座匹配的插头规格	29
图 18: 射频连接器安装图 (单位: mm)	29
图 19: 主板净空区域	30
图 20: 天线座尺寸图 (单位: mm)	31
图 21: 与天线座匹配的插头尺寸 (单位: mm)	32
图 22: 射频连接器安装图 (单位: mm)	32
图 23: 射频连接器安装图 (单位: mm)	33
图 24: 插入同轴电缆插头示意图	33
图 25: 拔出同轴电缆插头示意图	34
图 26: 治具插拔同轴电缆插头示意图	34
图 27: 俯视及侧视尺寸图	41
图 28: 底部尺寸图 (底视图)	42
图 29: 推荐封装	43
图 30: 俯视图和底视图 (引脚天线)	44
图 31: 俯视图和底视图 (PCB 天线)	44
图 32: 俯视图和底视图 (射频同轴连接器)	45
图 33: 推荐的炉温曲线图	47
图 34: 载带尺寸图	49
图 35: 胶盘尺寸图	49
图 36: 模块贴片方向	50
图 37: 包装流程	51

1 引言

本文档定义了 FC41D 及其用于连接客户应用的空中接口和硬件接口。

本文档可以帮助客户快速了解 FC41D 的硬件接口规范、电气特性、机械规范以及其他相关信息。通过此文档的帮助，客户可以快速应用 FC41D 于 Wi-Fi 和蓝牙应用。

1.1. 特殊符号

表 1: 特殊符号

符号	定义
*	若无特别说明，模块功能、特性、接口、引脚名称、AT 命令或参数后所标记的星号（*）表示该功能、特性、接口、引脚、AT 命令或参数正在开发中，因此暂不支持；模块子型号后所标记的星号（*）表示该子型号暂无样品。

2 产品综述

2.1. 基本描述

FC41D 是一款低功耗、高性价比的 Wi-Fi 和蓝牙模块，符合蓝牙 5.2 和 IEEE 802.11b/g/n 标准协议规范。模块集成完整的 Wi-Fi 和蓝牙应用所需要的硬件和软件资源，支持 AP 和 STA 两种 Wi-Fi 工作模式和低功耗蓝牙，非常适合智能家居、工业控制等低速率应用和数据采集应用。

模块内置 Wi-Fi 和蓝牙的超高集成度微控制器，具备 IoT 数据终端必备的计算能力和稳定的 Wi-Fi 和蓝牙连接性，集成以下特性：

- 主频高达 120 MHz 的 ARM 内核
- 256 KB RAM
- 2/4 MB Flash
- 符合蓝牙 5.2 和 IEEE 802.11b/g/n 标准协议规范

2.2. 关键特性

表 2: 关键特性

性能	描述
供电电压	VBAT 供电: <ul style="list-style-type: none"> ● 供电电压范围: 3.0~3.6 V ● 典型供电电压: 3.3 V
工作频率	<ul style="list-style-type: none"> ● Wi-Fi: 2.412~2.484 GHz ● 蓝牙: 2.402~2.480 GHz
Wi-Fi 传输速率	<ul style="list-style-type: none"> ● 802.11b: 1 Mbps、2 Mbps、5.5 Mbps、11 Mbps ● 802.11g: 6 Mbps、9 Mbps、12 Mbps、18 Mbps、24 Mbps、36 Mbps、48 Mbps、54 Mbps ● 802.11n: HT20 (MCS 0~MCS 7)

	2.4 GHz:
Wi-Fi 发射功率	<ul style="list-style-type: none"> ● 802.11b @ 11 Mbps: 16 dBm ● 802.11g @ 54 Mbps: 14 dBm ● 802.11n @ HT20 MCS 7: 13 dBm
Wi-Fi 协议	IEEE 802.11b/g/n
Wi-Fi 调制方式	BPSK、QPSK、CCK、16QAM、64QAM
Wi-Fi 工作模式	<ul style="list-style-type: none"> ● AP ● STA
蓝牙协议	蓝牙 5.2
蓝牙工作模式	低功耗蓝牙 (BLE)
蓝牙调制方式	GFSK
无线应用接口	<ul style="list-style-type: none"> ● 主 UART: 用于 AT 命令通信、数据传输和固件升级 ● 调试 UART: 用于部分日志输出 ● SPI*: 1 路 SPI, 支持主从模式
天线接口	<ul style="list-style-type: none"> ● PCB 天线 ● 射频同轴连接器 (可选) ● Wi-Fi/蓝牙天线 (ANT_WIFI/BT), 50 Ω 特性阻抗 (可选)
物理特征	<ul style="list-style-type: none"> ● 封装: LCC ● 重量: 约 1.51 g ● 尺寸: (20.0 ±0.2) mm × (18.0 ±0.2) mm × (2.6 ±0.2) mm
温度范围	<ul style="list-style-type: none"> ● 正常工作温度¹: -40 ~ +85 °C ● 存储温度: -45 ~ +95 °C
RoHS	所有器件完全符合 EU RoHS 标准

¹ 在正常工作温度范围内, 模块的相关性能符合 IEEE 和蓝牙规范要求。

2.3. 功能框图

下图为 FC41D 的功能框图，阐述了其如下主要功能：

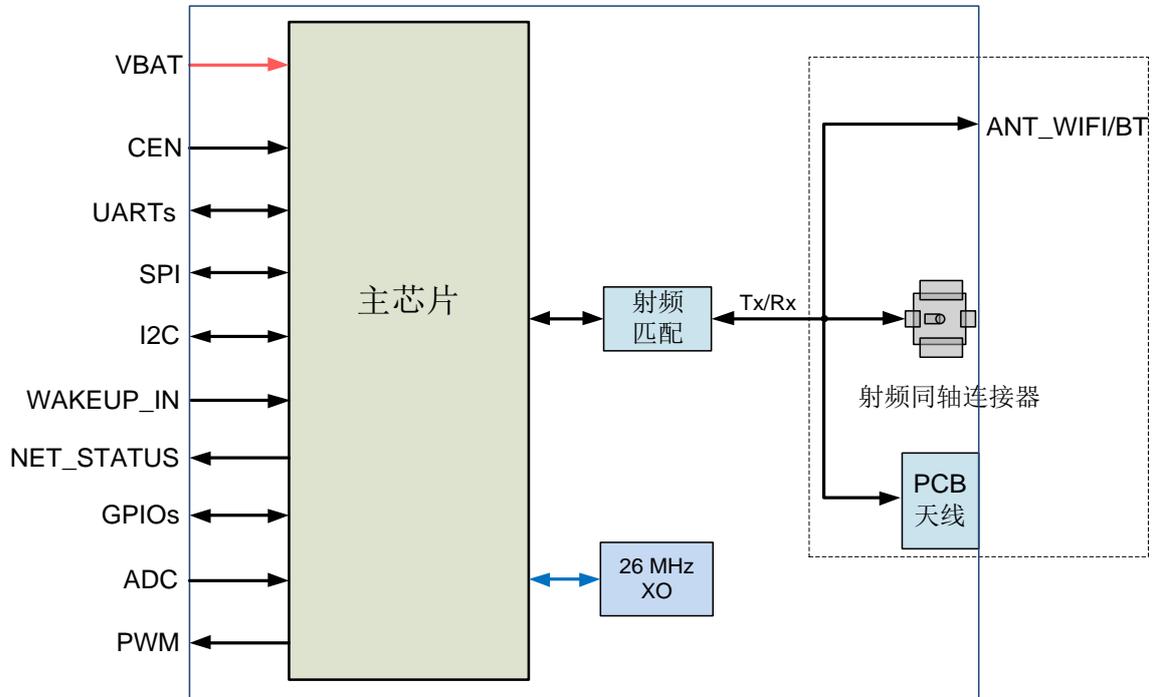


图 1：功能框图

备注

FC41D 默认支持 PCB 天线，射频同轴连接器和 ANT_WIFI/BT 为可选功能。

2.4. 评估板套件

移远通信提供评估板（FC41D TE-B）及相关配件，用于模块的测试和使用。更多详细信息，请参考文档 [1]。

3 应用接口

3.1. 基本描述

FC41D 共有 27 个 LCC 引脚。后续章节详细阐述了模块各组接口的功能：

- 电源供电
- 模块复位
- 无线应用接口
 - UART
 - SPI*
- I2C 接口*
- PWM 接口*
- WAKEUP 接口
- 网络状态指示
- GPIO 接口*
- ADC 接口*
- 射频天线接口

3.3. 引脚描述表

下表详细描述了 FC41D 的引脚定义。

表 3: I/O 参数定义

类型	描述
AI	模拟输入
AIO	模拟输入/输出
DI	数字输入
DIO	数字输入/输出
DO	数字输出
OD	漏极开路
PI	电源输入

表 4: 引脚描述

电源					
引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
VBAT	15	PI	模块电源	Vmax = 3.6 V Vmin = 3.0 V Vnom = 3.3 V	电源必须能够提供达 0.3 A 的电流。
GND	1、3、16、27				
复位					
引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
CEN	9	DI	模块复位	Vmax = 3.6 V Vmin = 3.0 V Vnom = 3.3 V	内部上拉至 3.3 V； 硬件复位，低电平有效。
主 UART					
引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
MAIN_TXD	20	DO	主 UART 发送	3.3 V	

MAIN_RXD	19	DI	主 UART 接收		
调试 UART					
DBG_TXD	26	DO	调试 UART 发送	3.3 V	须预留测试点。
DBG_RXD	25	DI	调试 UART 接收		
SPI*					
引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
SPI_MISO	13	DIO	SPI 主输入从输出		
SPI_MOSI	14	DIO	SPI 主输出从输入		
SPI_CLK	17	DIO	SPI 时钟	3.3 V	主机模式下，该引脚为输出信号；从机模式下，该引脚为输入信号。
SPI_CS	18	DIO	SPI 片选		主机模式下，该引脚为输入信号；从机模式下，该引脚为输出信号。
I2C 接口*					
引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
I2C_SCL	4	OD	I2C 串行时钟	3.3 V	需外部上拉至 3.3 V。
I2C_SDA	5	OD	I2C 串行数据		
WAKEUP 接口					
引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
WAKEUP_IN	7	DI	将模块从深休眠或待机模式唤醒	3.3 V	上升沿唤醒。
WAKEUP_OUT	8	DO	唤醒主机		高电平有效。
指示接口					
引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
NET_STATUS	12	DO	网络状态指示	3.3 V	STA 模式下 Wi-Fi 连接时，输出高电平。
PWM 接口*					

引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
-----	-----	-----	----	-------	----

PWM	11	DO	PWM 输出	3.3 V	
-----	----	----	--------	-------	--

GPIO 接口*

引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
-----	-----	-----	----	-------	----

GPIO1	10	DIO	通用输入/输出	3.3 V	中断唤醒。
GPIO2	22	DIO	通用输入/输出		
GPIO3	23	DIO	通用输入/输出		
GPIO4	24	DIO	通用输入/输出		

ADC 接口*

引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
-----	-----	-----	----	-------	----

ADC	21	AI	通用 ADC 接口	电压范围： 0~2.4 V	
-----	----	----	-----------	------------------	--

射频天线接口

引脚名	引脚号	I/O	描述	DC 特性	备注
-----	-----	-----	----	-------	----

ANT_WIFI/BT	2	AIO	Wi-Fi/蓝牙天线接口		50 Ω 特性阻抗。
-------------	---	-----	--------------	--	------------

预留引脚

引脚名	引脚号	备注
-----	-----	----

RESERVED	6	保持悬空。
----------	---	-------

3.4. 电源设计

下表为 FC41D 的电源引脚和接地引脚定义。

表 5: 电源引脚和地引脚定义

引脚名	引脚号	I/O	描述	最小值	典型值	最大值
VBAT	15	PI	模块电源	3.0 V	3.3 V	3.6 V
GND	1、3、16、27					

FC41D 由 VBAT 供电，推荐使用至少能提供 0.3 A 输出电流的电源芯片。为了实现更好的电源供电性能，建议在靠近模块 VBAT 输入端并联 22 μF 的去耦电容以及 1 μF 、100 nF 的滤波电容。同时，建议在靠近 VBAT 输入端增加一个 TVS 以提高模块的浪涌电压承受能力。原则上，VBAT 走线越长，线宽越宽。

VBAT 输入端参考电路如下图所示：

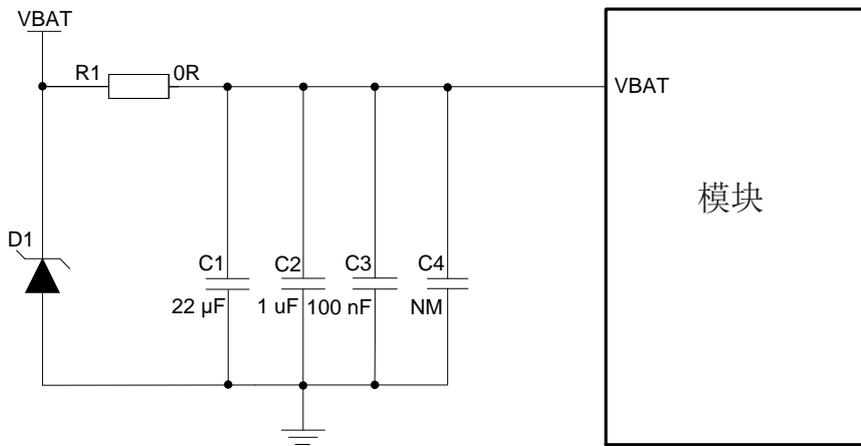


图 3: 电源参考电路

VBAT 上电后，保持 CEN 引脚为高电平，即可实现模块自动开机，开机时序图如下所示：

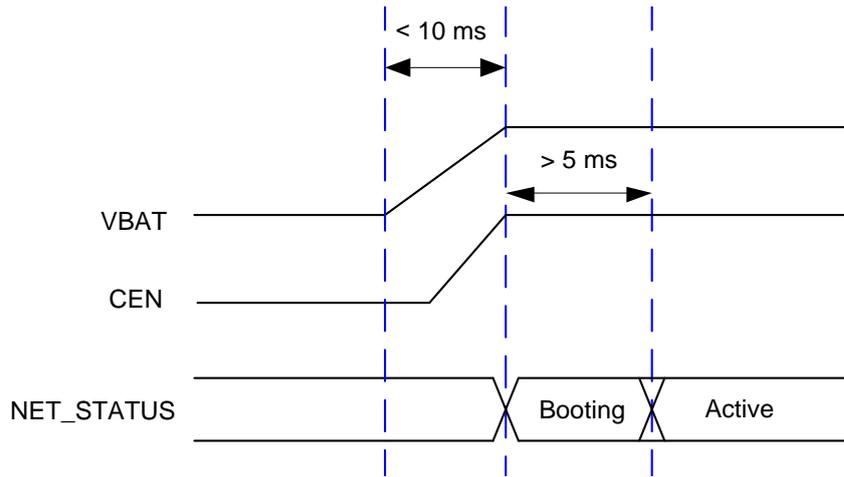


图 4：开机时序图

断开 VBAT 电源可实现模块自动关机。

3.5. 模块复位

拉低 CEN 引脚至少 100 ms 后释放可以使模块复位。

表 6：CEN 引脚定义

引脚名	引脚号	描述	备注
CEN	9	模块复位	内部上拉至 3.3 V； 硬件复位，低电平有效。

硬件复位参考电路如下图所示。推荐使用开集驱动电路或按键来控制 CEN 引脚。

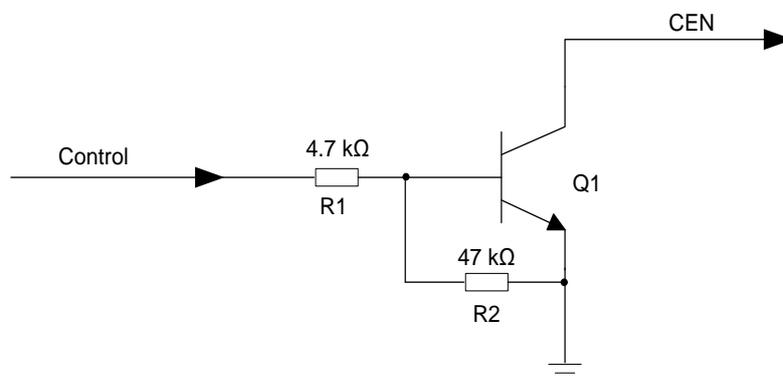


图 5：开集驱动复位参考电路

也可以使用按键控制 CEN 引脚：

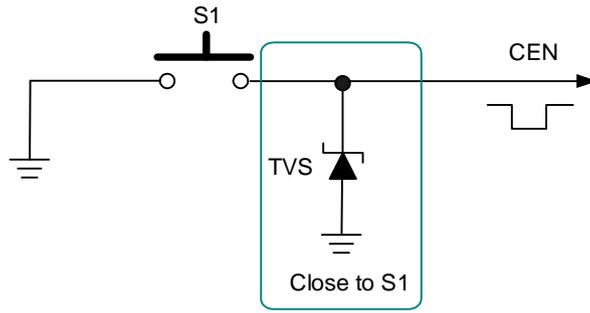


图 6：按键复位参考电路

复位时序图如下：

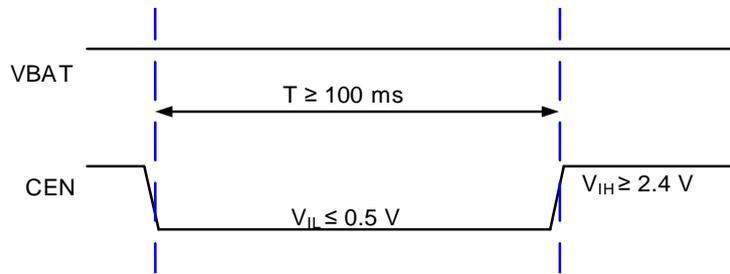


图 7：复位时序图

3.6. 无线应用接口

3.6.1. UART

FC41D 提供 2 路 UART：主 UART 和调试 UART。模块作为 DCE 设备（Data Communication Equipment），按照传统的 DCE-DTE（Data Terminal Equipment）方式连接。

表 7：UART 引脚定义

引脚名	引脚号	I/O	描述	备注
MAIN_TXD	20	DO	主 UART 发送	
MAIN_RXD	19	DI	主 UART 接收	
DBG_TXD	26	DO	调试 UART 发送	须预留测试点。

DBG_RXD 25 DI 调试 UART 接收

主 UART 可用于 AT 命令通信和数据传输，波特率默认为 115200 bps，最高波特率可达到 2 Mbps。主 UART 还可用于固件升级，此时默认波特率为 921600 bps。

下图为 DCE 和 DTE 之间的连接示意图。

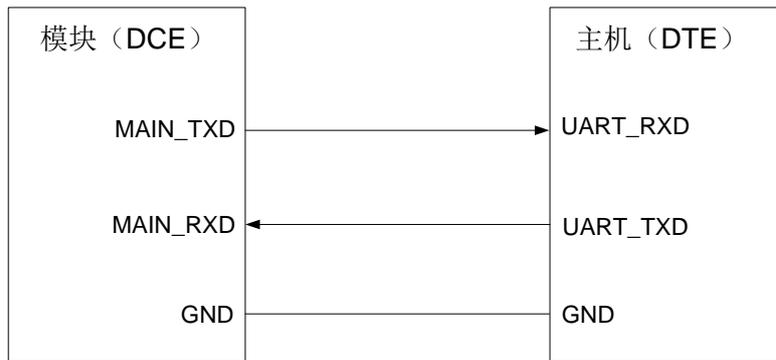


图 8：主 UART 连接示意图

调试 UART 支持 115200 bps 默认波特率，用于部分日志输出。如下为调试 UART 的参考设计：

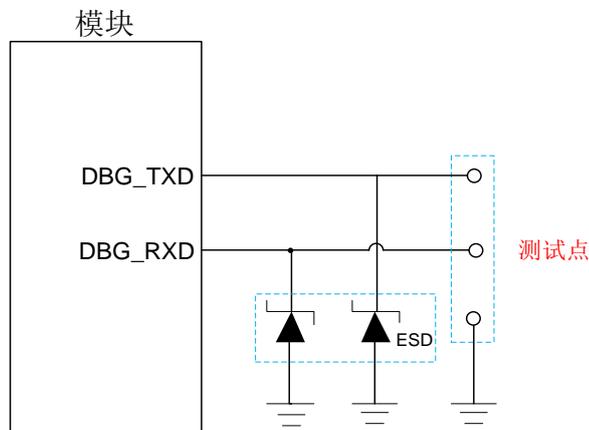


图 9：调试 UART 参考电路

3.6.2. SPI*

FC41D 提供一路 SPI，支持主模式和从模式。在从模式下，时钟频率最大支持 50 MHz；在主模式下，时钟频率最大支持 8 MHz。

SPI 的引脚定义如下表所示：

表 8：SPI 引脚定义

引脚名	引脚号	I/O	描述	备注
SPI_MISO	13	DIO	SPI 主输入从输出	
SPI_MOSI	14	DIO	SPI 主输出从输入	
SPI_CLK	17	DIO	SPI 时钟	主机模式下，该引脚为输出信号；从机模式下，该引脚为输入信号。
SPI_CS	18	DIO	SPI 片选	主机模式下，该引脚为输入信号；从机模式下，该引脚为输出信号。

3.7. I2C 接口*

FC41D 提供一路 I2C 接口，仅支持主模式，时钟频率最大支持 400 kHz，采用 7 位寻址，默认用于连接 EEPROM 等外设。

表 9：I2C 接口引脚定义

引脚名	引脚号	I/O	描述	备注
I2C_SCL	4	OD	I2C 串行时钟	需外部上拉至 3.3 V。
I2C_SDA	5	OD	I2C 串行数据	

3.8. PWM 接口*

FC41D 默认提供 1 路 PWM 通道，引脚定义如下表所示：

表 10: PWM 接口引脚定义

引脚名	引脚号	I/O	描述
PWM	11	DO	PWM 输出

3.9. WAKEUP 接口

WAKEUP_IN 引脚可将模块从深休眠模式或待机模式下唤醒；WAKEUP_OUT 引脚可用来唤醒主机。

表 11: WAKEUP 接口引脚定义

引脚名	引脚号	I/O	描述	备注
WAKEUP_IN	7	DI	将模块从深休眠或待机模式唤醒	上升沿唤醒。
WAKEUP_OUT	8	DO	唤醒主机	高电平有效。

3.10. 网络状态指示

NET_STATUS 为模块的网络状态指示引脚，可用于驱动网络状态指示灯。

表 12: 网络状态指示引脚定义

引脚名	引脚号	I/O	描述	备注
NET_STATUS	12	DO	网络状态指示	STA 模式下 Wi-Fi 连接时，输出高电平。

参考电路如下图所示：

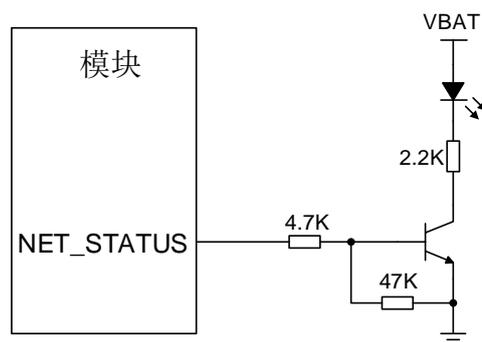


图 10：网络指示参考电路

3.11. GPIO 接口*

FC41D 默认提供 4 路 GPIO 接口，引脚定义如下表所示：

表 13：GPIO 接口引脚定义

引脚名	引脚号	I/O	描述	备注
GPIO1	10	DIO	通用输入/输出	中断唤醒。
GPIO2	22			
GPIO3	23			
GPIO4	24			

3.12. ADC 接口*

FC41D 默认提供 1 路 ADC 接口，电压范围为 0~2.4 V。为了提高 ADC 接口电压测量的准确度，ADC 接口在布线时需要包地处理。

表 14: ADC 接口引脚定义

引脚名	引脚号	I/O	描述
ADC	21	AI	通用 ADC 接口

表 15: ADC 接口特性

参数	最小值	典型值	最大值	单位
ADC 接口电压范围	0	-	2.4	V
ADC 接口分辨率	-	13	-	Bit
ADC 接口采样率	-	6	-	MHz

3.13. 天线接口

FC41D 提供 PCB 天线、射频同轴连接器和 ANT_WIFI/BT（邮票孔）3 种规格，使用 PCB 天线和邮票孔的模块上不焊接射频同轴连接器。FC41D 默认支持 PCB 天线，射频同轴连接器和 ANT_WIFI/BT 为可选功能。

3.13.1. 工作频率

FC41D 工作频率如下表所示：

表 16: 工作频率（单位：GHz）

模式	频率
2.4 GHz Wi-Fi	2.412~2.484
蓝牙	2.402~2.480

3.13.2. ANT_WIFI/BT 天线（可选）

ANT_WIFI/BT 天线接口的引脚定义如下表所示：

表 17：天线接口引脚定义

引脚名	引脚号	I/O	描述	备注
ANT_WIFI/BT	2	AIO	Wi-Fi/蓝牙天线接口	50 Ω 特性阻抗。

射频天线接口电路如下图所示。为了获得更好的射频性能，需要预留 LC 和 π 型匹配电路，并增加一个 ESD 防护器件 TVS。R1、L1、C1、C2、C3、D1 等匹配部件应尽量靠近天线，L1、C1、C2、C3、D1 默认不贴。TVS 的寄生电容应小于 0.05 pF。

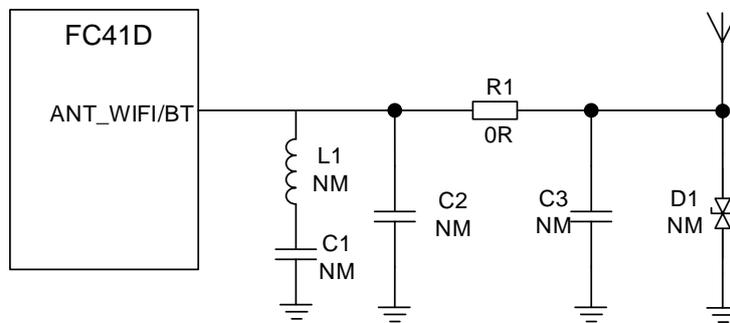


图 11：天线接口参考设计

3.13.2.1. 射频信号线布线指导

设计 PCB 时，所有射频信号线的特性阻抗应控制在 50 Ω。一般情况下，射频信号线的阻抗由材料的介电常数、走线宽度（W）、对地间隙（S）、以及参考地平面的高度（H）决定。PCB 特性阻抗的控制通常采用微带线与共面波导两种方式。为了体现设计原则，下面几幅图展示了阻抗线控制在 50 Ω 时，微带线以及共面波导的结构设计。



图 12：两层 PCB 板微带线结构

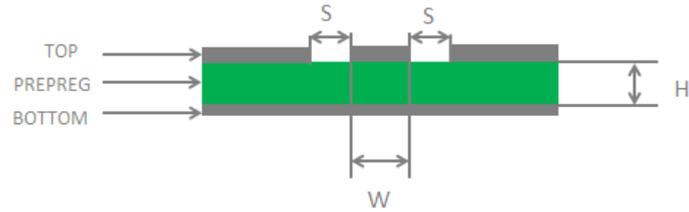


图 13: 两层 PCB 板共面波导结构

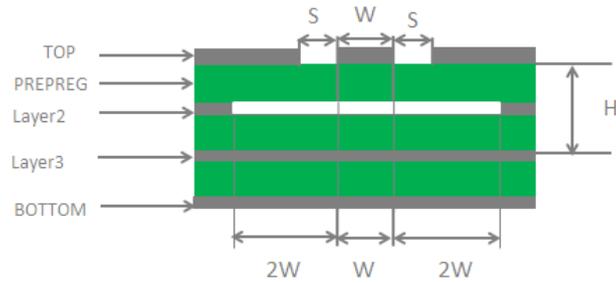


图 14: 四层 PCB 板共面波导结构 (参考地为第三层)

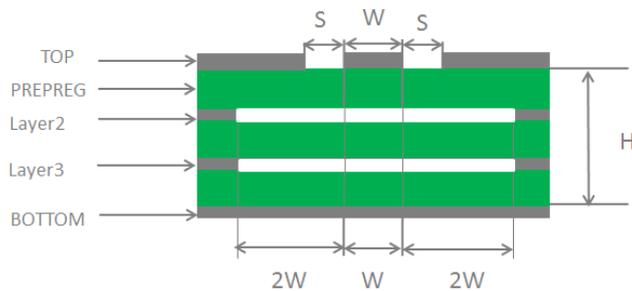


图 15: 四层 PCB 板共面波导结构 (参考地为第四层)

在射频天线接口的电路设计中，为了确保射频信号的良好性能与可靠性，在电路设计中建议遵循以下设计原则：

- 应使用阻抗模拟计算工具对射频信号线进行精确的 $50\ \Omega$ 阻抗控制。
- 与射频引脚相邻的地引脚不做热焊盘，要与地充分接触。
- 射频引脚到射频连接器之间的距离应尽量短，同时避免直角走线，建议走线夹角保持为 135° 。
- 建立连接器件的封装时，信号脚需与地保持距离。
- 射频信号线参考的地平面应完整；在信号线和参考地周边增加一定量的地孔可以帮助提升射频性能；地孔和信号线之间的距离应至少为 2 倍线宽 ($2 \times W$)。
- 射频信号线必须远离干扰源，避免和相邻层的任何信号线交叉或平行。

更多关于射频信号线布线的说明，可参考文档 [2]。

3.13.2.2. 天线设计要求

表 18: 天线要求

类型	要求
频率范围 (GHz)	<ul style="list-style-type: none"> ● 2.4 GHz Wi-Fi: 2.412~2.484 ● 蓝牙: 2.402~2.480
插入线损 (dB)	< 1
VSWR	≤ 2
增益 (dBi)	1 (典型值)
最大输入功率 (W)	50
输入阻抗 (Ω)	50
极化类型	垂直极化

3.13.2.3. 射频连接器推荐

如果使用射频连接器的连接方式，则推荐使用 Hirose 的 U.FL-R-SMT 连接器（天线座）。

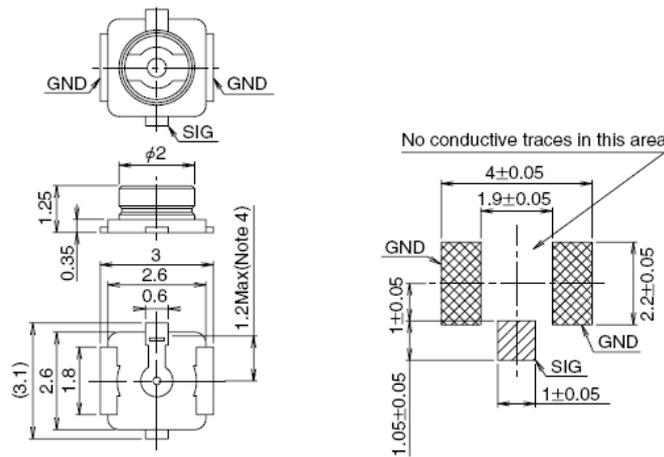


图 16: 天线座尺寸 (单位: mm)

可选择 U.FL-LP 系列的插头与 U.FL-R-SMT 天线座配合使用。

Part No.	U.FL-LP-040	U.FL-LP-066	U.FL-LP(V)-040	U.FL-LP-062	U.FL-LP-088
Mated Height	2.5mm Max. (2.4mm Nom.)	2.5mm Max. (2.4mm Nom.)	2.0mm Max. (1.9mm Nom.)	2.4mm Max. (2.3mm Nom.)	2.4mm Max. (2.3mm Nom.)
Applicable cable	Dia. 0.81mm Coaxial cable	Dia. 1.13mm and Dia. 1.32mm Coaxial cable	Dia. 0.81mm Coaxial cable	Dia. 1mm Coaxial cable	Dia. 1.37mm Coaxial cable
Weight (mg)	53.7	59.1	34.8	45.5	71.7
RoHS	YES				

图 17：与天线座匹配的插头规格

下图为天线座与插头组装后的尺寸：

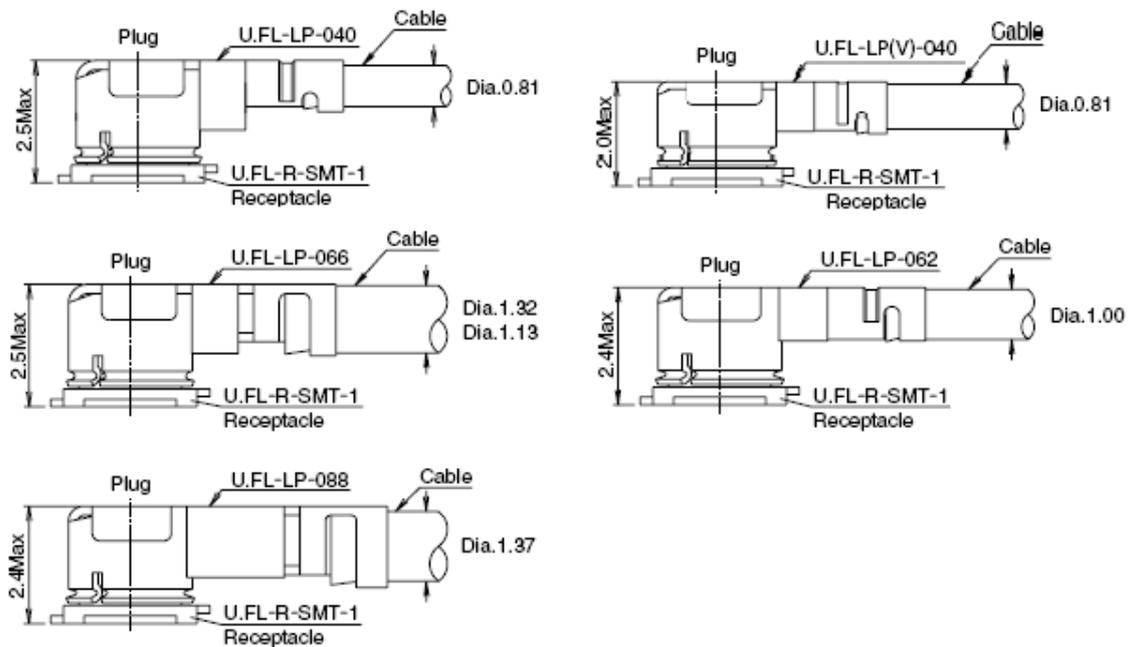


图 18：射频连接器安装图（单位：mm）

详细信息请访问 <http://www.hirose.com>。

3.13.3. 板载 PCB 天线参数

表 19: 板载 PCB 天线参数

参数	最小值	典型值	最大值	单位
频率	2400	-	2500	MHz
阻抗	-	50	-	Ω
VSWR	-	-	3	
增益	-	-1.81	-	dBi
效率	-	35 %	-	

使用模块上的 PCB 天线时，模块应尽量放置在主板 PCB 板边。需要确保主板 PCB 和其它金属器件、连接器、PCB 过孔、走线、覆铜的距离至少 16 mm 以上，PCB 天线下方的主板 PCB 区域所有层需要净空。

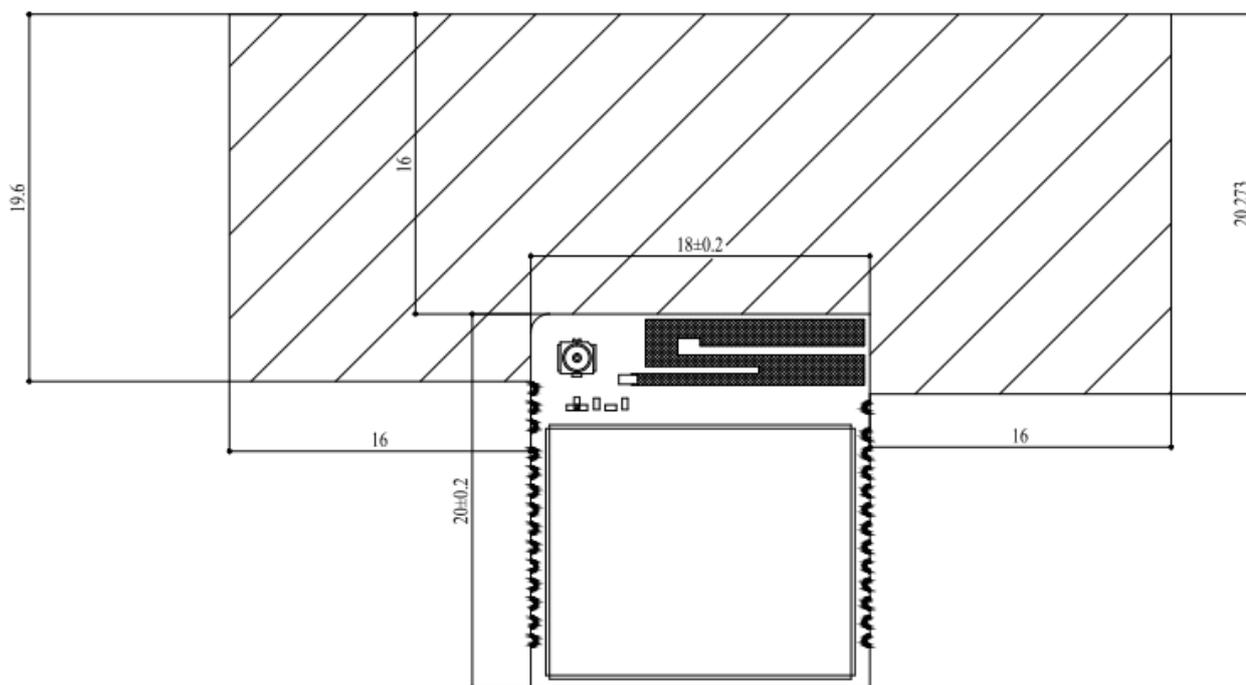


图 19: 主板净空区域

3.13.4. 射频同轴连接器（可选）

3.13.4.1. 天线座规格

模块提供的天线座结构尺寸如下。

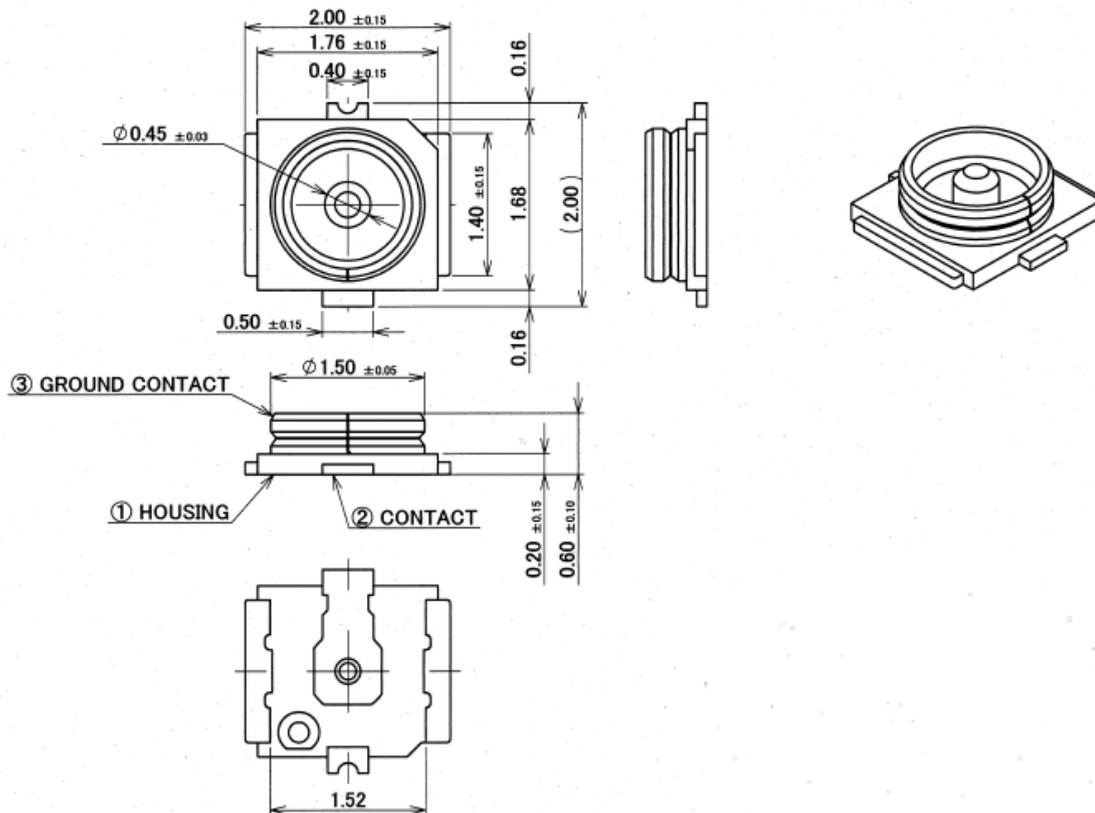


图 20: 天线座尺寸图（单位：mm）

表 20: 天线座主要特性

参数	规范
标称频率范围	DC~6 GHz
标称阻抗	50 Ω
温度范围	-40 °C ~ +85 °C
电压驻波比（VSWR）	符合要求： 最大 1.3（DC~3 GHz） 最大 1.45（3~6 GHz）

3.13.4.2. 射频连接器安装

与模块射频连接器相匹配的射频插头支持两种类型规格，使用 $\varnothing 0.81\text{ mm}$ 同轴线缆时，最大高度 1.2 mm，使用 $\varnothing 1.13\text{ mm}$ 同轴线缆时，最大高度为 1.45 mm。

下图为 $\varnothing 0.81\text{ mm}$ 同轴线缆匹配插头的规格。

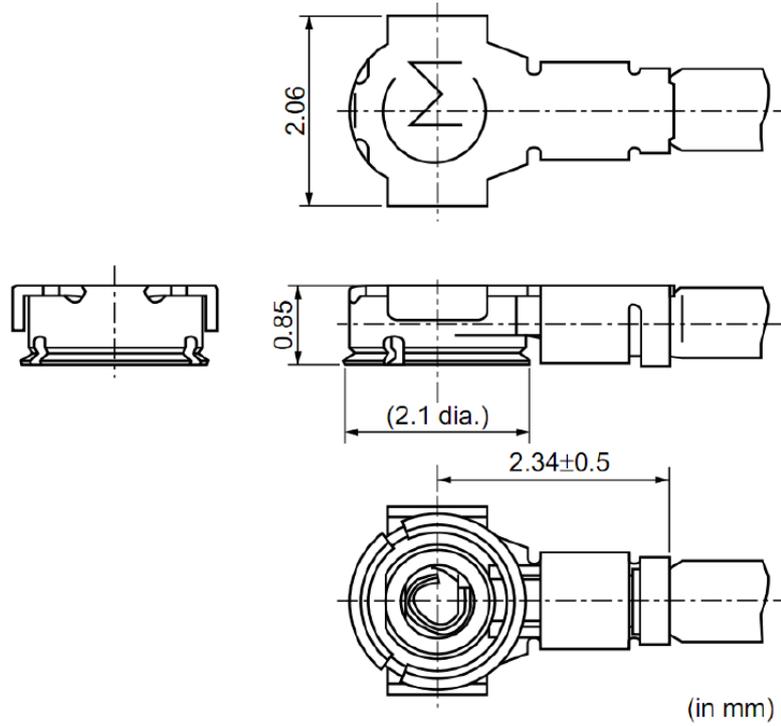


图 21：与天线座匹配的插头尺寸（单位：mm）

下图为 $\varnothing 0.81\text{ mm}$ 同轴线缆搭配模块上的射频连接器和匹配插头之间的连接图。

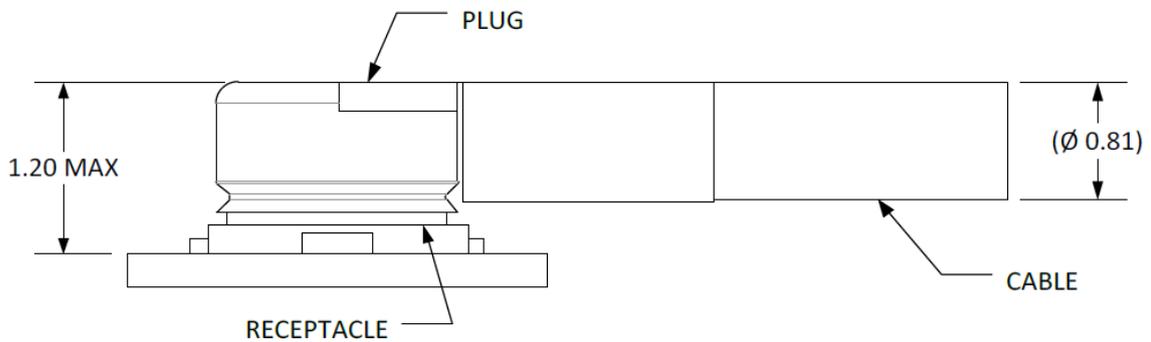


图 22：射频连接器安装图（单位：mm）

下图为 $\varnothing 1.13\text{ mm}$ 同轴线缆搭配模块上的射频连接器和匹配插头之间的连接图。

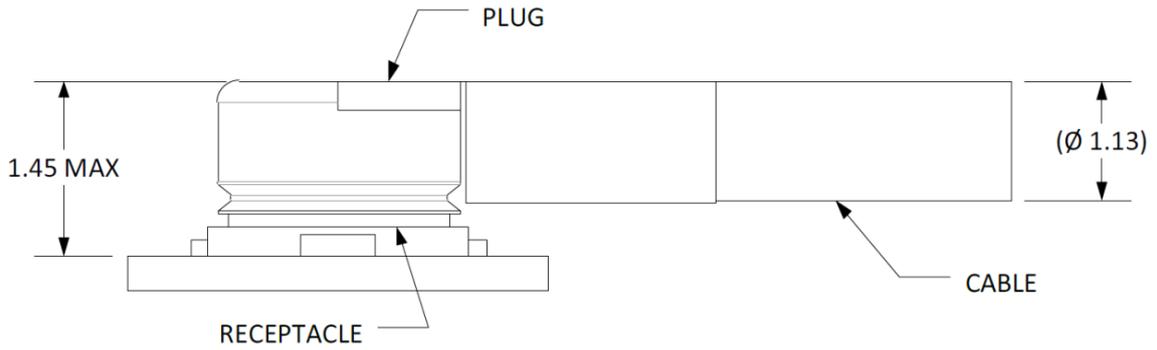


图 23: 射频连接器安装图 (单位: mm)

3.13.4.3. 手动插拔同轴电缆插头

手动插入同轴电缆插头示意图如下, θ 须为 90° 。

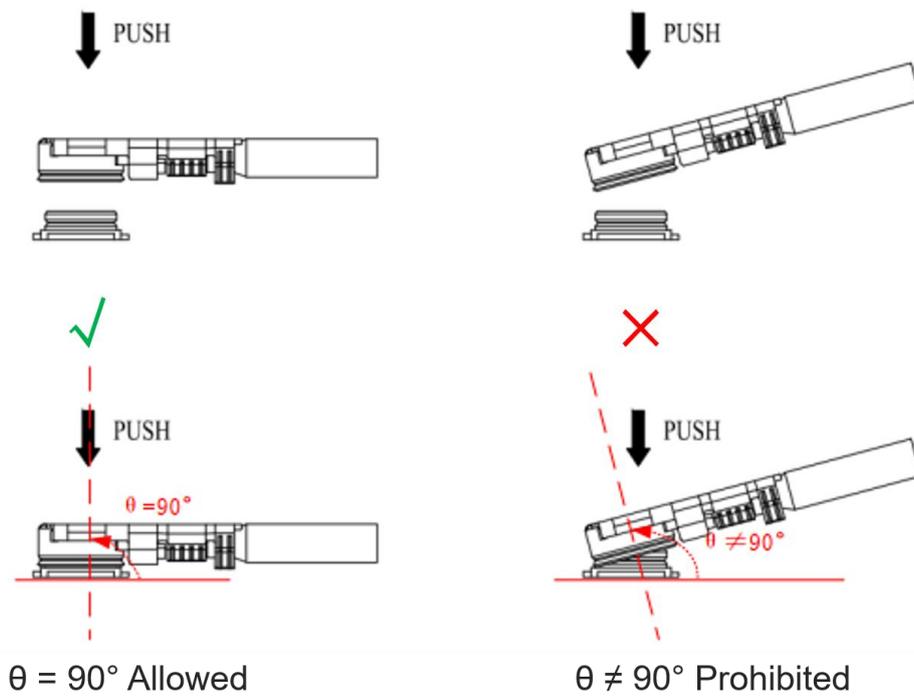


图 24: 插入同轴电缆插头示意图

手动拔出同轴电缆插头示意图如下, θ 须为 90° 。

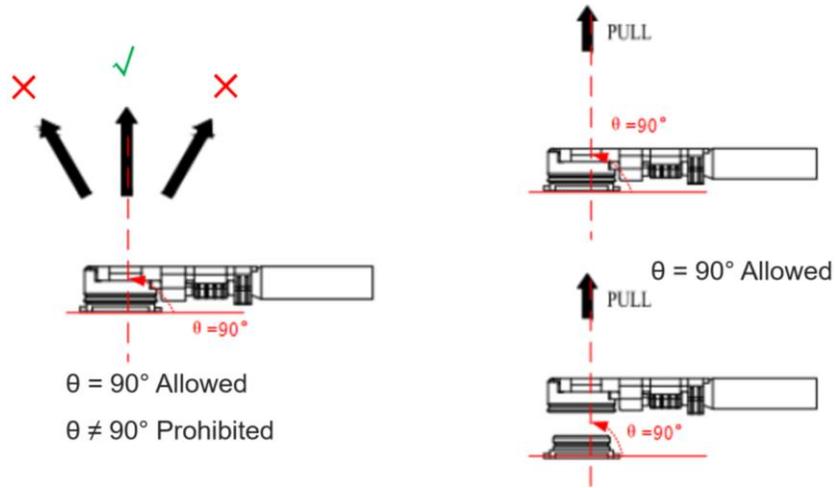


图 25: 拔出同轴电缆插头示意图

3.13.4.4. 治具插拔同轴电缆插头

治具插拔同轴电缆插头示意图如下， θ 须为 90° 。

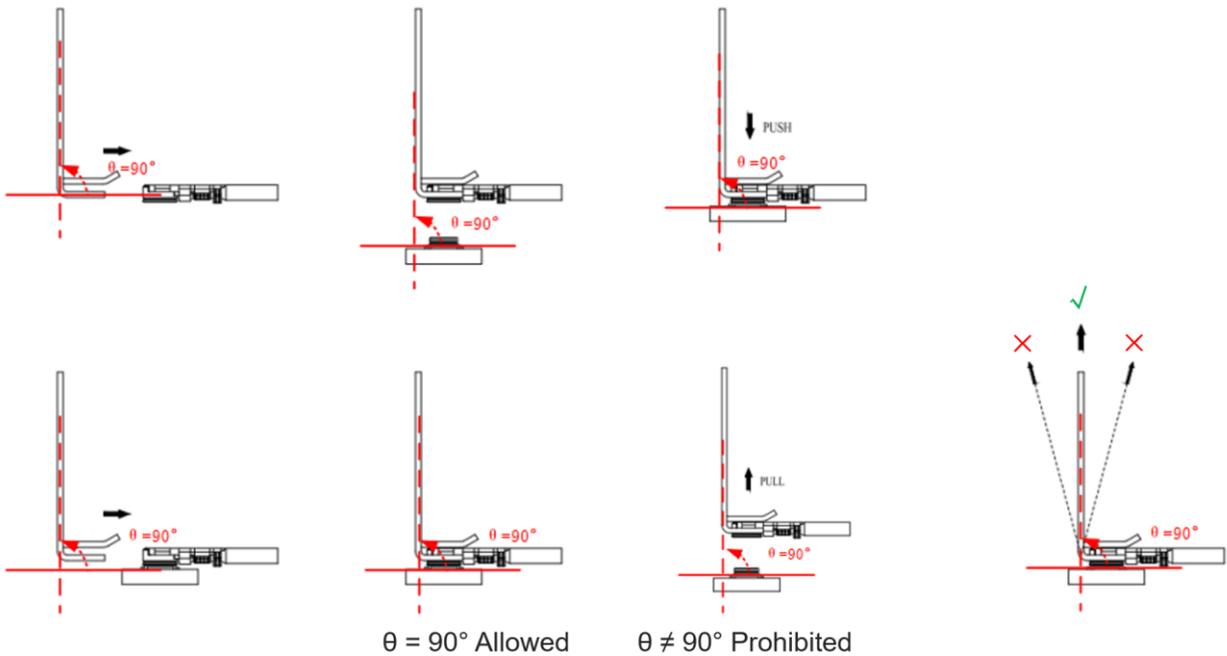


图 26: 治具插拔同轴电缆插头示意图

3.13.4.5. 射频连接器和连接线厂家推荐

推荐使用 I-PEX 的射频连接器和同轴线缆，更多细节，请访问 <https://www.i-pex.com>。

4 可靠性、射频特性和电气特性

4.1. 绝对最大额定值

下表为模块部分引脚电压或电流的绝对最大额定值：

表 21：绝对最大额定值

参数	最小值	最大值	单位
VBAT	-0.3	3.9	V
I/O 输入电压	-0.3	3.9	V

4.2. 电源额定值

表 22：额定电源值

参数	最小值	典型	最大值	单位
VBAT	3.0	3.3	3.6	V

4.3. 数字逻辑电平特性

下表列出了 FC41D 的推荐 I/O 接口特征。

表 23: 数字逻辑电平特性

参数	描述	最小值	最大值	单位
V_{IH}	输入高电平	$0.7 \times V_{BAT}$	$V_{BAT} + 0.2$	V
V_{IL}	输入低电平	-0.3	$0.3 \times V_{BAT}$	V
V_{OH}	输出高电平	$0.9 \times V_{BAT}$	V_{BAT}	V
V_{OL}	输出低电平	0	$0.1 \times V_{BAT}$	V
I_{iL}	输入漏电流	-5	5	μA

4.4. 功耗

4.4.1. 低功耗模式

表 24: 低功耗模式

模式	描述	典型值	单位
深休眠模式	使用 AT+QDEEPSLEEP 可将模块设置成深休眠模式。此模式下, UART 不工作、软件设置不保存。	8.6	μA
待机模式	使用 AT+QLOWPOWER 可将模块设置成低功耗模式。此模式下, UART 不工作、软件设置可保存。	30	μA
空闲模式	Wi-Fi 和蓝牙均未进行任何操作。	22.74	mA

备注

有关 AT 命令详情, 请参考文档 [4]。

4.4.2. 正常工作模式

表 25: 正常工作模式

模式	描述	典型值	单位
Wi-Fi Scan	每隔 2 s 扫描一次	68.59	mA
Wi-Fi 连接	开启 STA 模式，但无 STA 连接	74.52	mA
	开启 SoftAP 模式并有 1 个 STA 连接	77.11	mA
	开启 SoftAP 模式并有 2 个 STA 连接	77.29	mA
	开启 SoftAP 模式，但无 STA 连接	77.09	mA
数传模式	SoftAP 模式传输数据	155.29	mA
	STA 模式传输数据	147.81	mA
	SoftAP 模式 + BLE 从机模式传输数据	157.56	mA
	STA 模式+ BLE 从机模式传输数据	149.66	mA
蓝牙连接	作为从机接收数据	28.41	mA
	作为从机发送数据	28.39	mA
	作为主机接收数据	23.68	mA
	作为主机发送数据	23.68	mA
射频非信令模式	802.11b Tx (2.4 GHz) @ 1 Mbps	91	mA
	802.11b Tx (2.4 GHz) @ 11 Mbps	92	mA
	802.11g Tx (2.4 GHz) @ 6 Mbps	90	mA
	802.11g Tx (2.4 GHz) @ 54 Mbps	88	mA
	802.11n Tx (2.4 GHz) @ HT20 MCS 0	89	mA
	802.11n Tx (2.4 GHz) @ HT20 MCS 7	88	mA

4.5. 射频性能

4.5.1. Wi-Fi 性能

表 26: 2.4 GHz Wi-Fi 发射功率

协议	速率	最小值 (dBm)	典型值 (dBm)
802.11b	1 Mbps	14	16
802.11b	11 Mbps	14	16
802.11g	6 Mbps	13	15
802.11g	54 Mbps	12	14
802.11n, HT20	MCS 0	12	14
802.11n, HT20	MCS 7	11	13

表 27: 2.4 GHz Wi-Fi 接收灵敏度

协议	速率	典型值 (dBm)
802.11b	1 Mbps	-96
802.11b	11 Mbps	-87
802.11g	6 Mbps	-91
802.11g	54 Mbps	-74
802.11n, HT20	MCS 0	-90
802.11n, HT20	MCS 7	-71

表 28: 2.4 GHz Wi-Fi OTA 总辐射功率测试

协议	速率	典型值 (dBm)
802.11b	1 Mbps	15
802.11b	11 Mbps	15
802.11g	6 Mbps	14

802.11g	54 Mbps	13
802.11n, HT20	MCS 0	13
802.11n, HT20	MCS 7	12

表 29: 2.4 GHz Wi-Fi OTA 总全向灵敏度测试

协议	速率	典型值 (dBm)
802.11b	1 Mbps	-94
802.11b	11 Mbps	-85
802.11g	6 Mbps	-88
802.11g	54 Mbps	-71
802.11n, HT20	MCS 0	-86
802.11n, HT20	MCS 7	-66

4.5.2. BLE 性能

表 30: BLE 传导发射功率/接收灵敏度

工作模式	发射功率 (典型值)	接收灵敏度 (典型值)	单位
BLE (1 Mbps)	6	-95	dBm

4.6. 静电防护

由于人体静电、微电子间带电摩擦等产生的静电会通过各种途径放电给模块，并可能对模块造成一定的损坏，因此应重视静电防护并采取合理的静电防护措施。例如：在研发、生产、组装和测试等过程中，佩戴防静电手套；设计产品时，在电路接口处和其他易受静电放电影响的点位增加防静电保护器件。

表 31: ESD 性能参数 (温度: 25~30 °C, 湿度: 40 ±5 %)

接口	接触放电	空气放电	单位
VBAT、GND	±4	±8	kV
ANT_WIFI/BT	±4	±8	kV
其他接口	±0.5	±1	kV

4.7. 工作和存储温度

表 32: 工作和存储温度 (单位: °C)

参数	最小值	典型值	最大值
正常工作温度 ²	-40	+25	+85
存储温度	-45	-	+95

² 在正常工作温度范围内，模块的相关性能符合 IEEE 和蓝牙规范要求。

5 机械尺寸

本章节描述了模块的机械尺寸。所有的尺寸单位为毫米；所有未标注公差尺寸，公差为±0.2 mm。

5.1. 机械尺寸

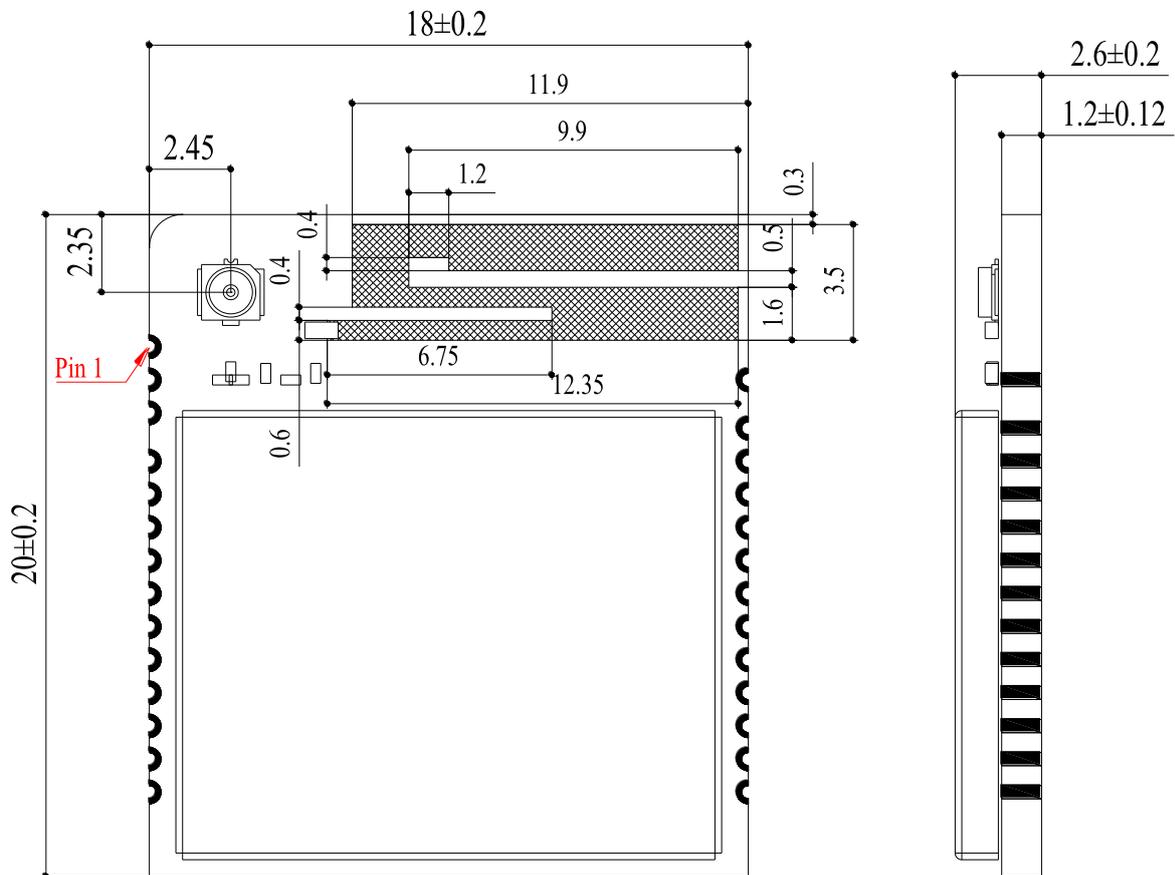


图 27：俯视及侧视尺寸图

5.2. 推荐封装

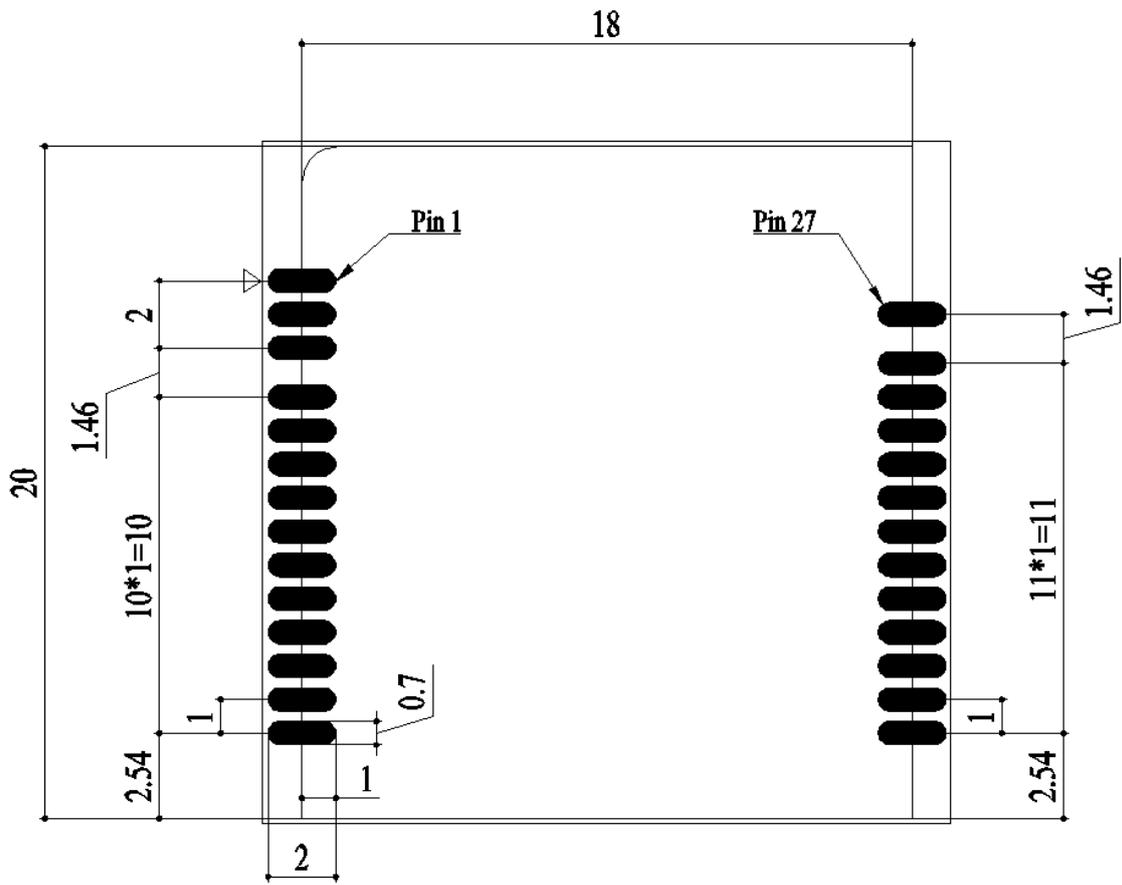


图 29: 推荐封装

备注

为确保器件的焊接质量，同时方便后续的维修操作，客户主板上模块与其他元器件之间的距离需至少保持为 3 mm。

5.3. 俯视图和底视图

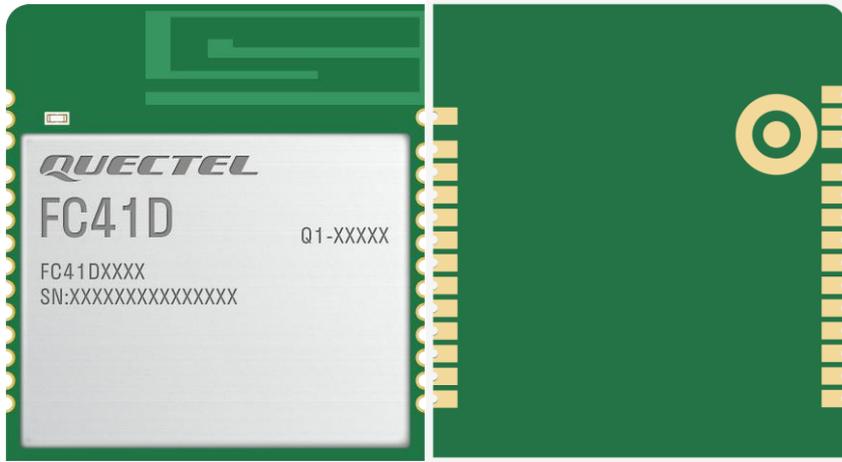


图 30: 俯视图和底视图 (引脚天线)

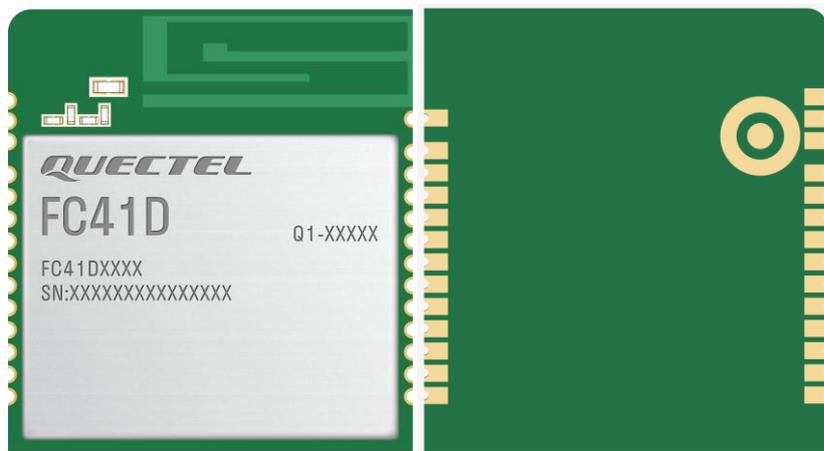


图 31: 俯视图和底视图 (PCB 天线)

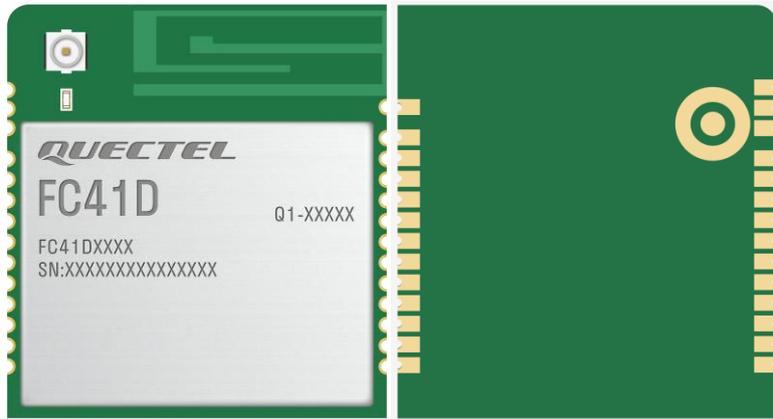


图 32: 俯视图和底视图 (射频同轴连接器)

备注

上图仅供参考，实际的产品外观和标签信息，请参照移远通信的模块实物。

6 存储、生产和包装

6.1. 存储条件

模块出货时，采用真空密封袋进行包装。模块的湿度敏感等级为 3（MSL 3），其存储需遵循如下条件：

1. 推荐存储条件：温度 23 ± 5 °C，且相对湿度为 35~60 %。
2. 在推荐存储条件下，模块可在真空密封袋中存放 12 个月。
3. 在温度为 23 ± 5 °C、相对湿度低于 60 % 的车间条件下，模块拆封后的车间寿命为 168 小时³。在此条件下，可直接对模块进行回流生产或其他高温操作。否则，需要将模块存储于相对湿度小于 10 % 的环境中（例如，防潮柜）以保持模块的干燥。
4. 若模块处于如下条件，需要对模块进行预烘烤处理以防止模块吸湿受潮再高温焊接后出现的 PCB 起泡、裂痕和分层：
 - 存储温湿度不符合推荐存储条件；
 - 模块拆封后未能根据以上第 3 条完成生产或存放；
 - 真空包装漏气、物料散装；
 - 模块返修前。
5. 模块的预烘烤处理：
 - 需要在 120 ± 5 °C 条件下高温烘烤 8 小时；
 - 二次烘烤的模块须在烘烤后 24 小时内完成焊接，否则仍需在防潮柜内保存。

备注

1. 为预防和减少模块因受潮导致的起泡、分层等焊接不良的发生，应严格进行管控，不建议拆开真空包装后长时间暴露在空气中。
2. 烘烤前，需将模块从包装取出，将裸模块放置在耐高温器具上，以免高温损伤塑料托盘或卷盘。若只需短时间烘烤，请参考 *IPC/JEDEC J-STD-033* 规范。

³ 此车间寿命仅在车间环境符合 *IPC/JEDEC J-STD-033* 规范时适用；不确定车间温湿度环境是否满足条件，或相对湿度大于 60 % 的情况下，请在拆封后 24 小时内完成贴片回流。请勿提前大量拆包。

3. 拆包、放置模块时请注意 ESD 防护，例如，佩戴防静电手套。

6.2. 生产焊接

用印刷刮板在网板上印刷锡膏，使锡膏通过网板开口漏印到 PCB 上，印刷刮板力度需调整合适。为保证模块印膏质量，模块引脚部分对应的钢网厚度推荐为 0.15~0.18 mm。详细信息请参考文档 [3]。

推荐的回流焊峰值温度为 235~246 °C，最高不能超过 246 °C。为避免模块因反复受热而损坏，建议客户在完成 PCB 板第一面的回流焊之后再贴模块。推荐的炉温曲线图（无铅 SMT 回流焊）和相关参数如下图表所示：

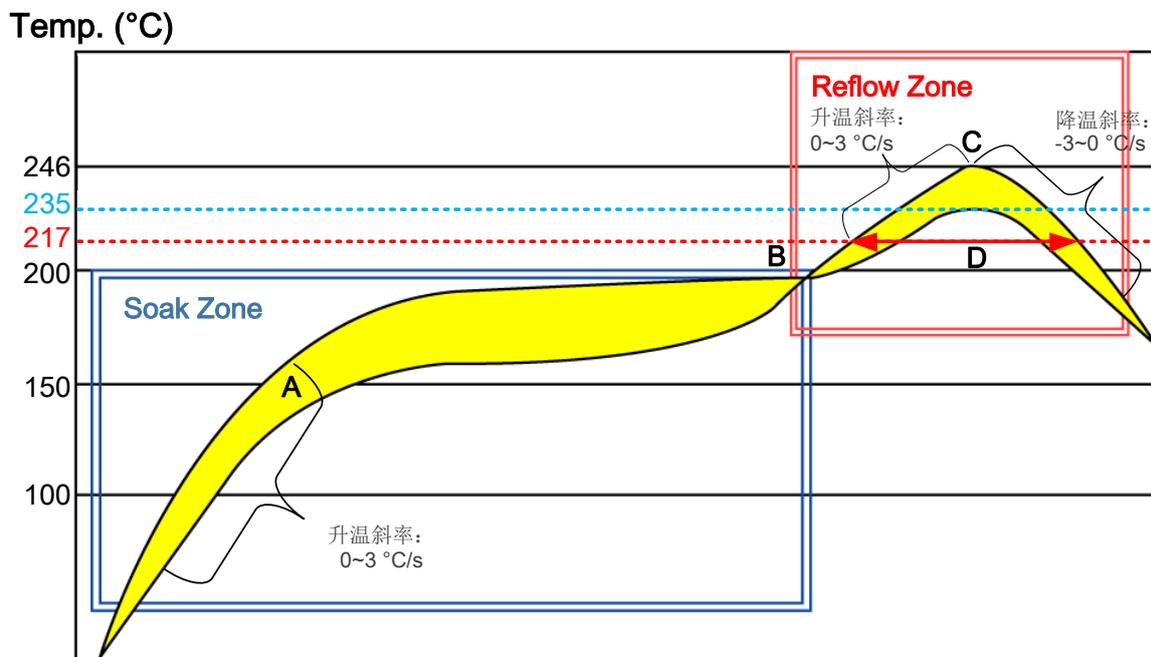


图 33: 推荐的炉温曲线图

表 33: 推荐的炉温测试控制要求

项目	要求
吸热区 (Soak Zone)	
升温斜率	0~3 °C/s
恒温时间 (A 和 B 之间的时间: 150~200 °C 期间)	70~120 s

回流焊区 (Reflow Zone)	
升温斜率	0~3 °C/s
回流时间 (D: 超过 217 °C 的期间)	40~70 s
最高温度	235~246 °C
冷却降温斜率	-3~ 0 °C/s
回流次数	
最大回流次数	1

备注

1. 以上工艺参数要求，均针对焊点实测温度。PCB 上焊点最热点和最冷点均需要满足以上规范要求。
2. 在生产焊接或者其他可能直接接触移远通信模块的过程中，不得使用任何有机溶剂（如酒精、异丙醇、丙酮、三氯乙烯等）擦拭模块屏蔽罩；否则可能会造成屏蔽罩生锈。
3. 移远通信洋白铜镭雕屏蔽罩可满足：12 小时中性盐雾测试后，镭雕信息清晰可辨识，二维码可扫描（可能会有白色锈蚀）。
4. 如需对模块进行喷涂，请确保所用喷涂材料不会与模块屏蔽罩或 PCB 发生化学反应，同时确保喷涂材料不会流入模块内部。
5. 请勿对移远通信模块进行超声波清洗，否则可能会造成模块内部晶体损坏。
6. 因 SMT 流程的复杂性，如遇不确定的情况或文档 [3] 未提及的流程（如选择性波峰焊、超声波焊接），请于 SMT 流程开始前与移远通信技术支持确认。

6.3. 包装规格

本章节仅用于体现包装的关键参数和包装流程，所有图示仅供参考，具体包材的外观、结构以实际交货为准。

此模块采用载带包装，具体方案如下：

6.3.1. 载带

载带包装的尺寸图表如下：

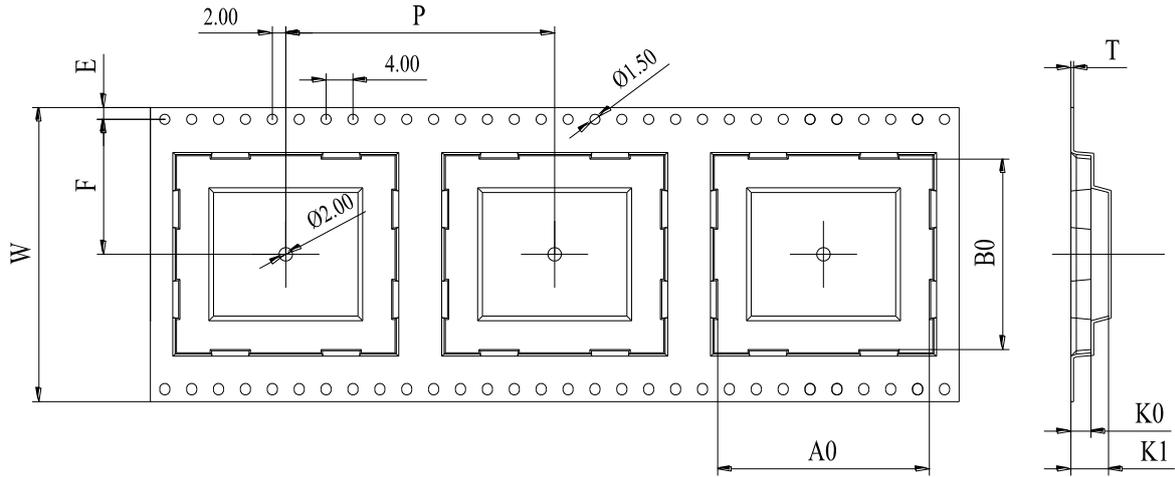


图 34: 载带尺寸图

表 34: 载带尺寸表 (单位: mm)

W	P	T	A0	B0	K0	K1	F	E
44	32	0.4	18.5	20.5	3	6.8	20.2	1.75

6.3.2. 胶盘

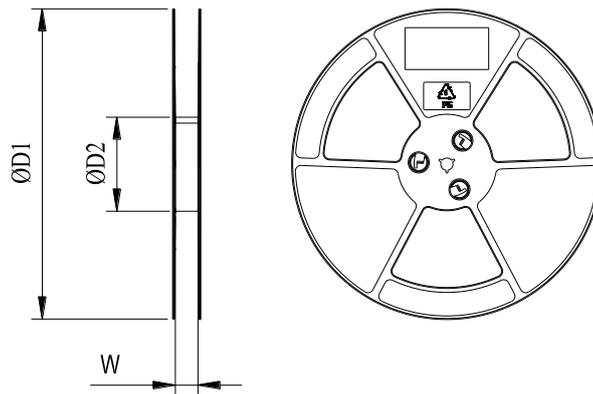


图 35: 胶盘尺寸图

表 35: 胶盘尺寸表 (单位: mm)

$\phi D1$	$\phi D2$	W
330	100	44.5

6.3.3. 模块贴片方向

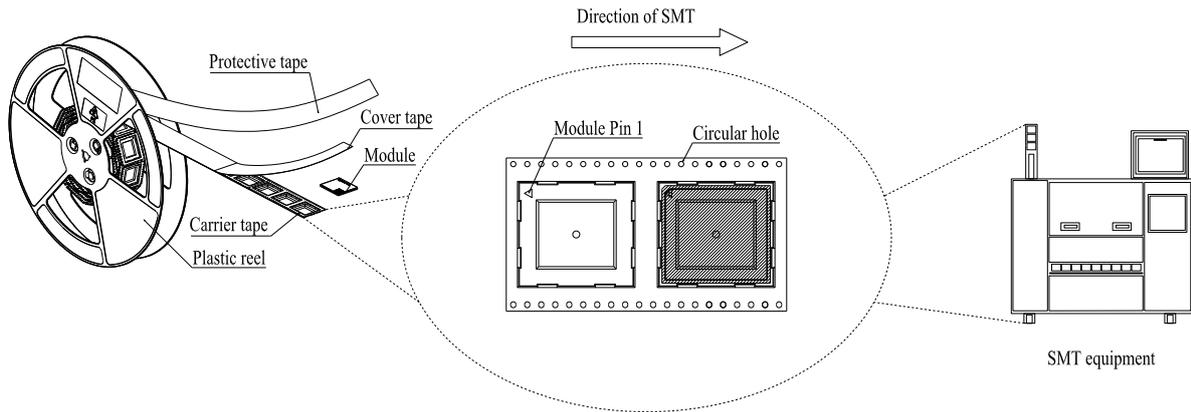
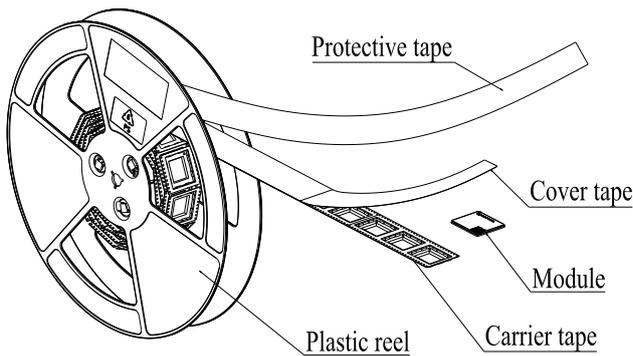


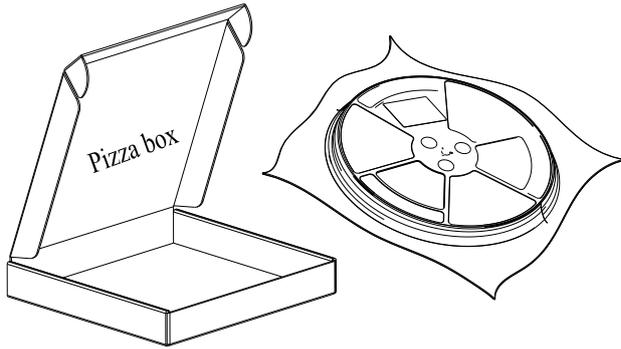
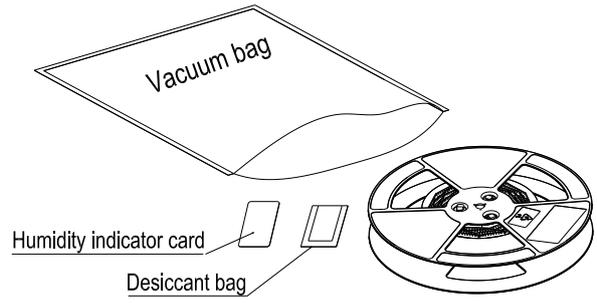
图 36: 模块贴片方向

6.3.4. 包装流程



将模块放入载带中，使用上带热封；再将热封后的载带缠绕到胶盘中，用保护带缠绕防护。1 个胶盘可装载 250 片模块。

将包装完成的胶盘和 1 张湿敏卡、1 包干燥剂放入真空袋中，抽真空。



将抽真空后的胶盘放入披萨盒内。

将 4 个披萨盒放入 1 个卡通箱内，封箱。1 个卡通箱可包装 1000 片模块。

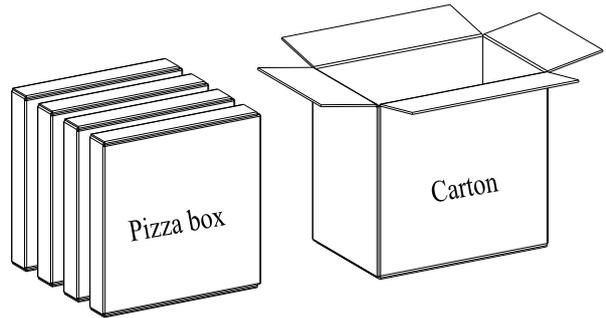


图 37: 包装流程

7 附录 参考文档及术语缩写

表 36: 参考文档

文档名称
[1] Quectel_FC41D_TE-B_User_Guide
[2] Quectel_射频 LAYOUT_应用指导
[3] Quectel_模块 SMT 应用指导
[4] Quectel_FC41D_AT 命令手册

表 37: 术语缩写

缩写	英文全称	中文全称
ADC	Analog-to-Digital Converter	模数转换器
AP	Access Point	接入点
ARM	Advanced RISC Machine	RISC 微处理器
BLE	Bluetooth Low Energy	蓝牙低功耗
BPSK	Binary Phase Shift Keying	二进制相移键控
CCK	Complementary Code Keying	补码键控
DCE	Data Communication Equipment	数据通信设备
DTE	Data Terminal Equipment	数据终端设备
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory	带电可擦可编程只读存储器
ESD	Electrostatic Discharge	静电防护
GFSK	Gauss Frequency Shift Keying	高斯频移键控

GND	Ground	地
GPIO	General-Purpose Input/Output	通用输入/输出
HT	High Throughput	高吞吐量
I2C	Inter-Integrated Circuit	集成电路总线
I/O	Input/Output	输入/输出
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	电气电子工程师学会
I_{iL}	Input Leakage Current	输入漏电流
LCC	Leadless Chip Carrier	无引脚芯片载体
Mbps	Megabits per second	兆位每秒
MCS	Modulation and Coding Scheme	调制和编码方案
MSL	Moisture Sensitivity Level	湿度敏感等级
OTA	Over The Air	空中下载
PCB	Printed Circuit Board	印刷电路板
PCM	Pulse Code Modulation	脉冲编码调制
PWM	Pulse Width Modulation	脉冲宽度调制
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	正交调幅
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	正交相移键控
RAM	Random Access Memory	随机存储器
RF	Radio Frequency	射频
RoHS	Restriction of Hazardous Substances	《关于限制在电子电气设备中使用某些有害成分的指令》
RXD	Receive Data (Pin)	数据接收（引脚）
SPI	Serial Peripheral Interface	串行外设接口
STA	Station	站点
TVS	Transient Voltage Suppressor	瞬变电压抑制二极管

TXD	Transmit Data (Pin)	发送数据（引脚）
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter	通用异步收发传输器
V _{IH}	High-level input voltage	输入高电平
V _{IL}	Low-level input voltage	输入低电平
V _{nom}	Nominal Voltage	标称电压
V _{OH}	High-level output voltage	输出高电平
V _{OL}	Low-level output voltage	输出低电平
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio	电压驻波比