

# 萤火虫工场 CEM5861G-M11

## 24GHz 毫米波雷达模块规格书

版本	日期	更改记录	批准
1.0	2024.03.06	首次发行	

深圳中电港技术股份有限公司·萤火虫工场

广东省深圳市前海深港合作区南山街道自贸西街 151 号招商局前海经贸中心一期 A 座 20 层

# 目录

1. 概述.....	3
2. 系统框架.....	3
3. 电气特性（25°C）.....	4
4. 模块性能.....	4
5. 调试接线.....	5
6. 调试配置.....	6
7. 雷达安装及测试.....	11
8. 上位机使用.....	13
9. 注意事项.....	19
10. 接口信息.....	20
11. 外形结构与尺寸（单位：mm）.....	21
12. 技术要求说明.....	21
13. 包装和存储.....	22

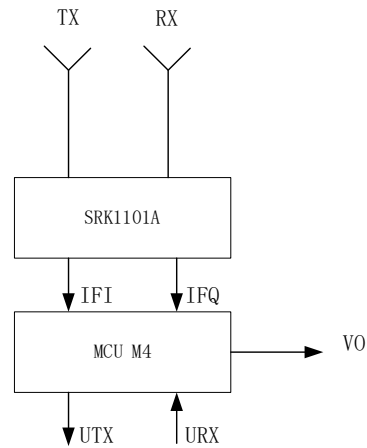
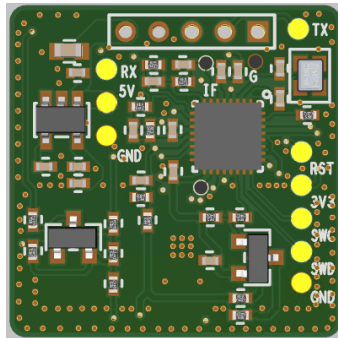
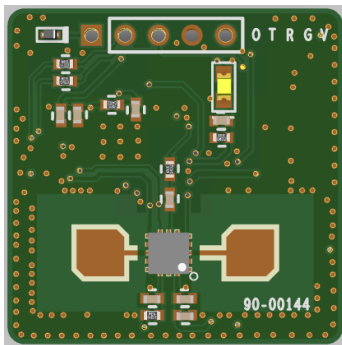
## 1. 概述

CEM5816G-M11 是一款高灵敏度 24GHz 毫米波 FMCW 人体存在检测雷达模块。区别于传统雷达通过检测人体移动的大幅度动作或者微小幅度的肢体动作来判断人体存在，本模块主要特点是在传统人体感应雷达的功能基础上，同时具备检测人体呼吸等微小幅度的运动，来判断人体存在的功能。模块采用 FMCW 调制，可以同时输出目标的距离。模块可选带光敏，用户可根据环境光大小，对光敏门限进行设置。在光照充足时关闭雷达，光照黑暗时开启雷达，实现照明感应的应用。

### 1.1. 系统功能及工作原理简述

本系统利用电磁波收发信号之间的频率差对运动目标距离进行探测。通过发射天线发射出 24GHz 电磁波信号，该电磁波信号遇到一定距离的运动物体时会反射回带有一定延迟的 24GHz 电磁波信号，反射回的信号被接收天线接收，通过对接收信号和发射信号混频得到带有目标距离信号的中频信号，对此中频信号进行计算分析可以得到运动目标的距离信息。预留光敏器件，可根据光亮情况调节雷达工作状态。

## 2. 系统框架



### 3. 电气特性 (25°C)

参数	最小	典型	最大	单位	测试条件
供电电压	3.6	5	5.5	V	
电流		22		mA	平均功耗@5V
		62		mA	峰值电流@5V
发射等效空间辐射功率		5		dBm	
发射天线半功率方向角		110		度	水平
		110		度	垂直
接收天线半功率方向角		110		度	水平
		110		度	垂直
功能	裸板 3 米挂高测试, 存在半径 0-3 米可调, 移动半径 0-5 米可调				

### 4. 模块性能

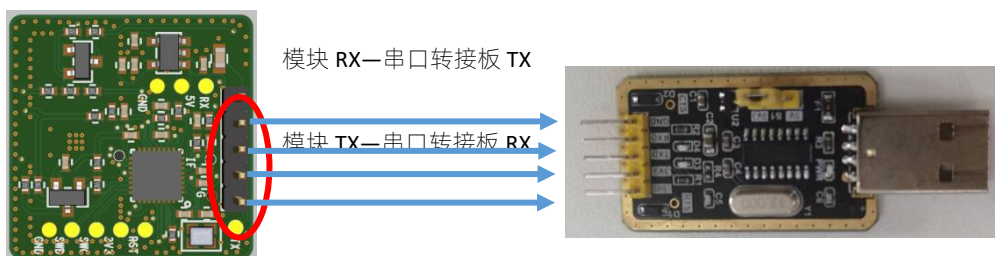
参数	典型值
频率	24G-24.25GHz

调制方式	FMCW
范围 1 (挂高安装)	挂高 3m, 静止人体检测半径 3m (可调), 移动检测半径 6m max (可调)
范围 2 (水平安装)	直线 7 米运动检测, 4 米存在检测
供电	DC 3.6-5.5V
电流	22mA (平均值), 80mA (峰值)
输出串口电平	TTL-3.3V
检测周期	实时
数据格式	UART (具体见协议定义)
工作温度	-10°C~50°C (仅限室内应用)

## 5. 调试接线

CEM5816G-M11 对外可连接端子为 VCC, GND, Vo, RX, TX, 可通过串口显示配置参数, 目标状态信息。

可根据模块管脚定义图, 将模块的供电 VCC, 接地 GND, 串口 TX, 串口 RX 与串口板对应管脚连接。



## 6. 调试配置

16 进制收发，支持在线修改和保存参数：

### ● 通信支持 UART 协议

波特率:115200

字宽: 8

停止位: 1

奇偶校验: none

### ● 帧结构定义

1、帧头，2 字节

上位机发送，雷达接收： 0x55 0x5A

雷达发送，上位机接收： 0x55 0xA5

2、数据长度，2 字节，高字节在前，低字节在后。

长度 = 功能码 + 命令码 + 数据 + 校验和

3、功能码，1 字节

读： 0x0

写： 0x1

被动上报： 0x2

主动上报： 0x3

读写命令为上位机向雷达发送指令，上报命令为雷达向上位机发送信息。

4、命令码

命令码 1 为功能分类，命令码 2 表示具体功能。

5、数据

N 字节

## 6、校验和，1 字节

为校验和之前所有数据按 `uint8_t` 格式相加之和的低 8 位。

### 数据格式说明：

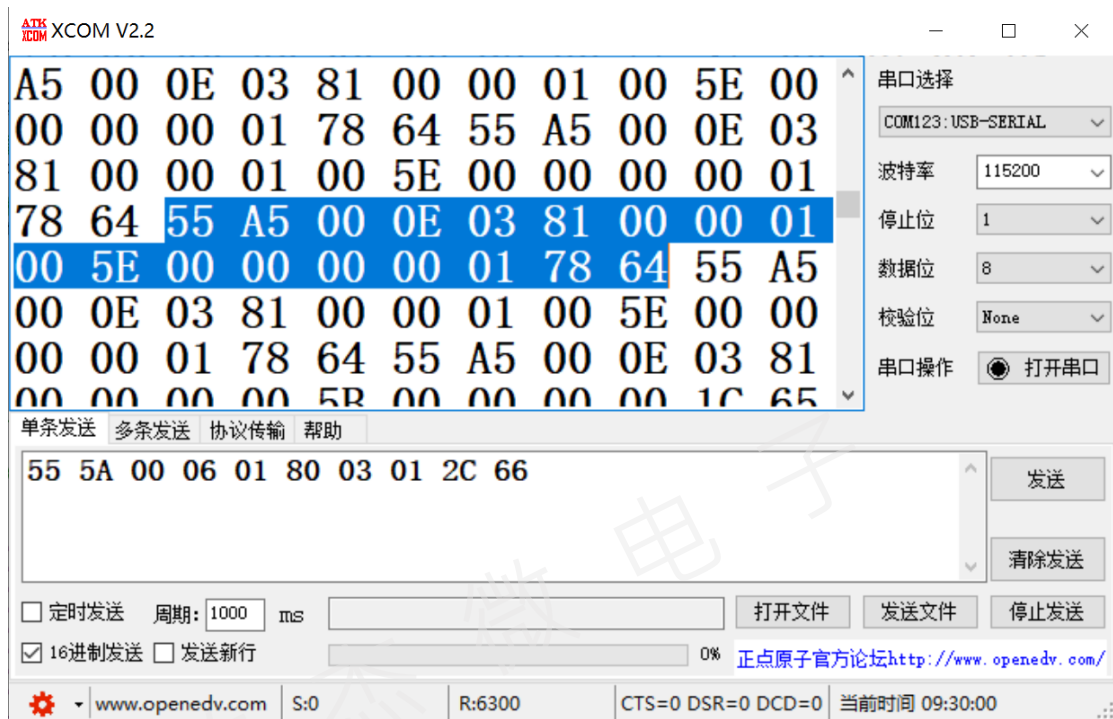
所有多字节参数，均采用大端格式传输

### ● 雷达输出格式：

	Head		Packet Len		Func code	CMD		Data	Sum
	接收	55	A5	00	0E	03	81	00	Data[0]~Data[9]:检测到目标的 信息
Data 段格式说明									
设置/接收	Data[0]		目标 ID 号：8 位无符号整型						
	Data[1]		目标状态：8 位无符号整型；0：无目标，1：表示移动，2：表示存在						
	Data[2]		Data[3]		距离：16 位无符号整型，单位：cm				
	Data[4]		Data[5]		速度：16 位有符号整型，单位：cm/s				
	Data[6]		方位角度：8 位有符号整型，单位：度						
	Data[7]		俯仰角度：8 位有符号整型，单位：度						
	Data[8]		Data[9]		信号强度：16 位无符号整型				

雷达检测结果是采用主动上报输出模式，在下一页中我们会举例来说明雷达输出信息。

例 1: 读取目标信息



图上标注的为一条完整的接收信息：55 A5 00 0E 03 81 00 01 00 5E 00 00 01 78 64

目标 ID：第 8 byte 0x00

运动状态：第 9 byte 0x01，检测到运动目标

目标距离：第 10~11 bytes 0x00 0x5E，转换成十进制为 94

目标信号强度：第 16~17 bytes 0x01 0x78，转换成十进制为 376

校验和：第 18 byte

综上：检测到运动目标，目标距离为 0.94 米，信号强度为 376。

● 雷达参数配置与读取指令：

OTA 在线升级	发送	55 5A 00 04 01 20 01 D5
	接收	55 A5 00 04 02 20 01 21
恢复到默认参数	发送	55 5A 00 04 01 20 02 D6
	接收	55 A5 00 04 02 20 02 22



将所有参数保存到 flash 中	发送	55 5A 00 04 01 20 04 D8	
	接收	55 A5 00 04 02 20 04 24	
获取软件版本号	发送	55 5A 00 04 00 00 01 B4	
	接收	55 A5 00 11 02 00 01 DATA1~DATA13 SUM	
1 米内运动检测阈值	读取	55 5A 00 04 00 80 03 36	
	设置	55 5A 00 06 01 80 03 DATA1 DATA2 SUM	默认值 200
	接收	55 A5 00 06 02 80 03 DATA1 DATA2 SUM	
1 米外运动检测阈值	读取	55 5A 00 04 00 80 04 37	
	设置	55 5A 00 06 01 80 04 DATA1 DATA2 SUM	默认值 120
	接收	55 A5 00 06 02 80 04 DATA1 DATA2 SUM	
1 米内存在检测阈值	读取	55 5A 00 04 00 80 09 3C	
	设置	55 5A 00 06 01 80 09 DATA1 DATA2 SUM	默认值 300
	接收	55 A5 00 06 02 80 09 DATA1 DATA2 SUM	
1 米外存在检测阈值	读取	55 5A 00 04 00 80 0A 3D	
	设置	55 5A 00 06 01 80 0A DATA1 DATA2 SUM	默认值 300
	接收	55 A5 00 06 02 80 0A DATA1 DATA2 SUM	
最小检测距离 (cm)	读取	55 5A 00 04 00 80 0C 3F	
	设置	55 5A 00 06 01 80 0C DATA1 DATA2 SUM	默认值 10
	接收	55 A5 00 06 02 80 0C DATA1 DATA2 SUM	
运动最大检测距离 (cm)	读取	55 5A 00 04 00 80 0D 40	
	设置	55 5A 00 06 01 80 0D DATA1 DATA2 SUM	默认值 600
	接收	55 A5 00 06 02 80 0D DATA1 DATA2 SUM	
存在最大检测距离 (cm)	读取	55 5A 00 04 00 80 0E 41	
	设置	55 5A 00 06 01 80 0E DATA1 DATA2 SUM	默认值 450
	接收	55 A5 00 06 02 80 0E DATA1 DATA2 SUM	
VO 输出电平维持时间 (ms)	读取	55 5A 00 04 00 80 14 47	
	设置	55 5A 00 06 01 80 14 DATA1 DATA2 SUM	默认值 20000
	接收	55 A5 00 06 02 80 14 DATA1 DATA2 SUM	
VO 指示模式	读取	55 5A 00 04 00 80 15 48	0x00 高电平指示
	设置	55 5A 00 05 01 80 15 DATA1 SUM	示有人; 0x01
	接收	55 A5 00 05 02 80 15 DATA1 SUM	低电平指示

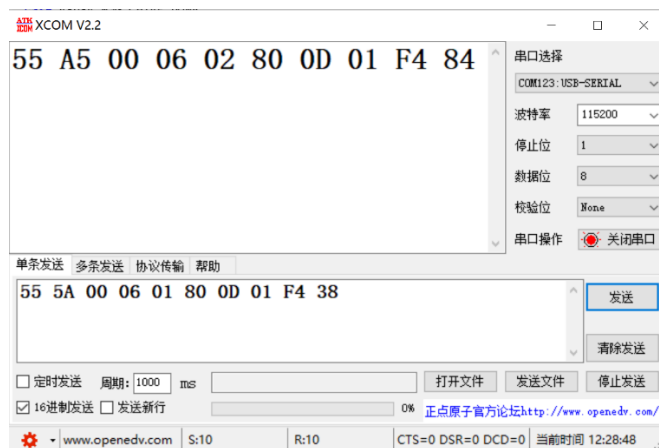
下一页我们会举例来说明雷达的参数设置。

## 例 2：设置雷达参数

如果我们要将雷达的移动感应距离设置为 5 米，存在距离 4 米，感应后输出高电平延时时间 5 秒：

则串口发送信息：55 5A 00 06 01 80 0D 01 F4 38（具体每一位的含义可参考前文帧结构定义）。

串口返回信息：55 A5 00 06 02 80 0D 01 F4 84，表示移动检测距离已设置为 5 米。



串口发送信息：55 5A 00 06 01 80 0E 01 90 D5。

串口返回信息：55 A5 00 06 02 80 0E 01 90 21，表示存在检测距离已设置为 4 米。



串口发送信息：55 5A 00 06 01 80 14 13 88 E5。

串口返回信息：55 A5 00 06 02 80 14 13 88 31，表示感应输出高电平维持时间设置为 5 秒。

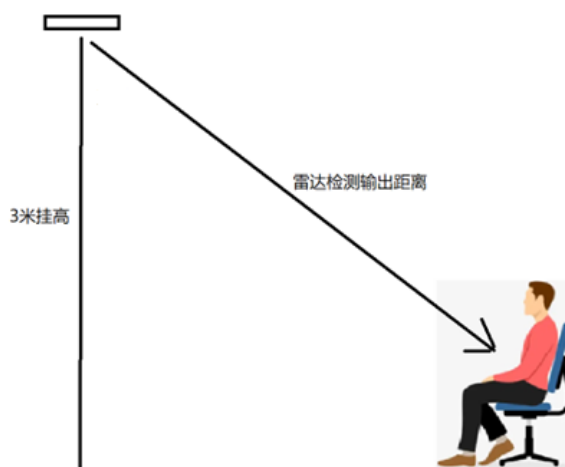


设置完成后，发送指令 55 5A 00 04 01 20 04 D8 进行保存。否则掉电失效。

## 7. 雷达安装及测试

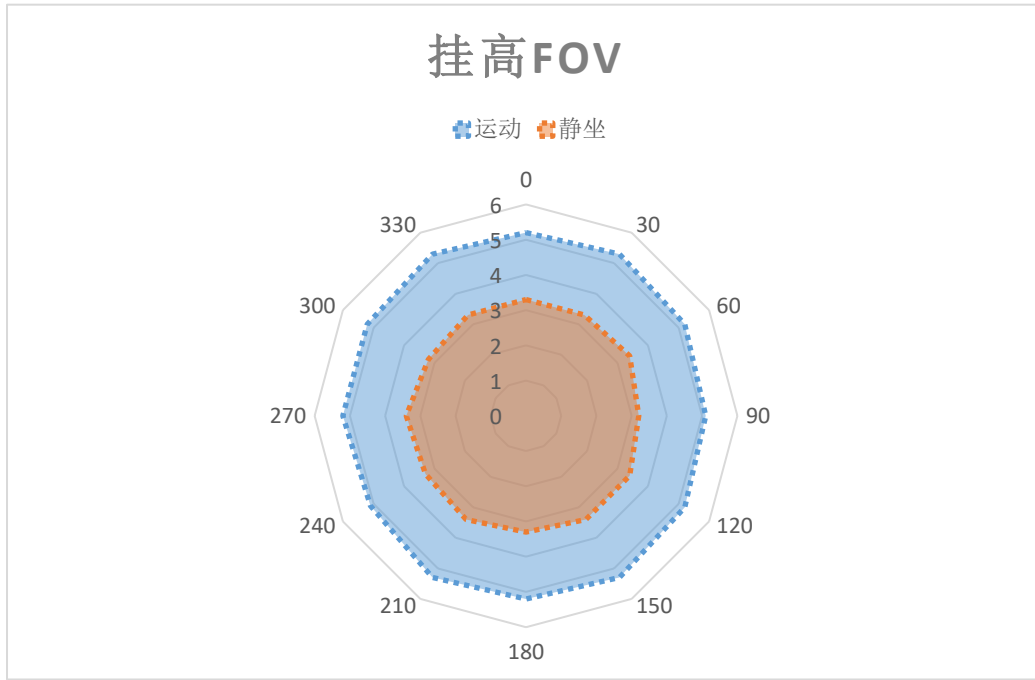
### ● 测试应用场景：挂高测试

安装高度 3 米，测试静坐及走动两种状态下的覆盖范围。（模块是挂高使用，因此输出的检测距离相比直线测试会有一些误差，根据实测感应半径，修正感应距离门限）。



### ● 参考覆盖范围

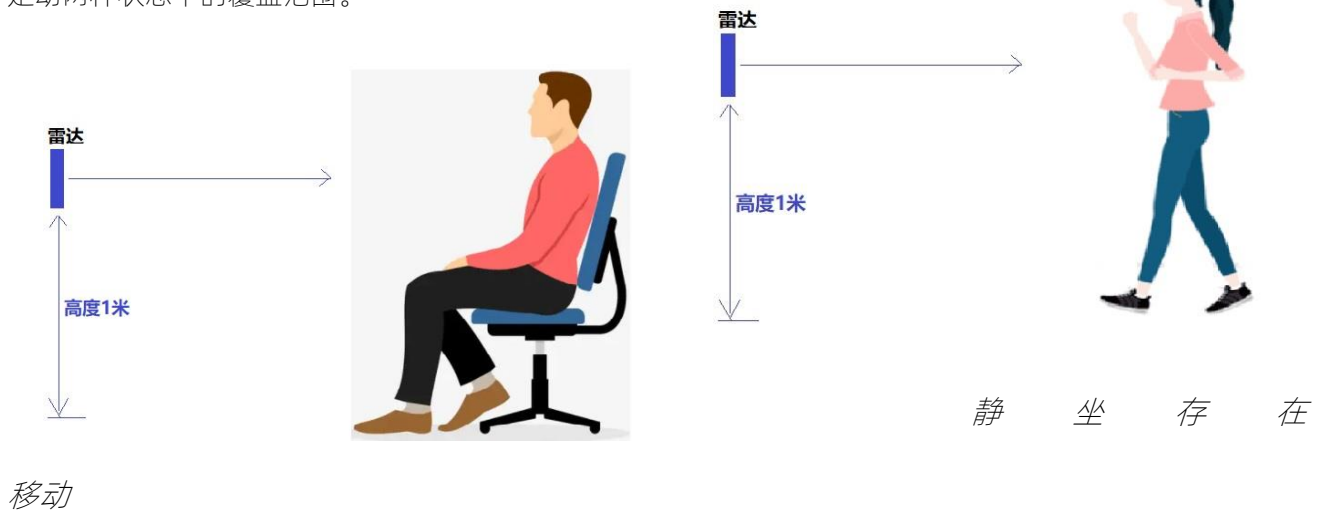
下图展示雷达默认配置下的静止状态（橙色区域）和运动状态（蓝色区域）的覆盖范围，供参考。用户可直接采用默认模式进行测试。



● 测试应用场景：水平测试

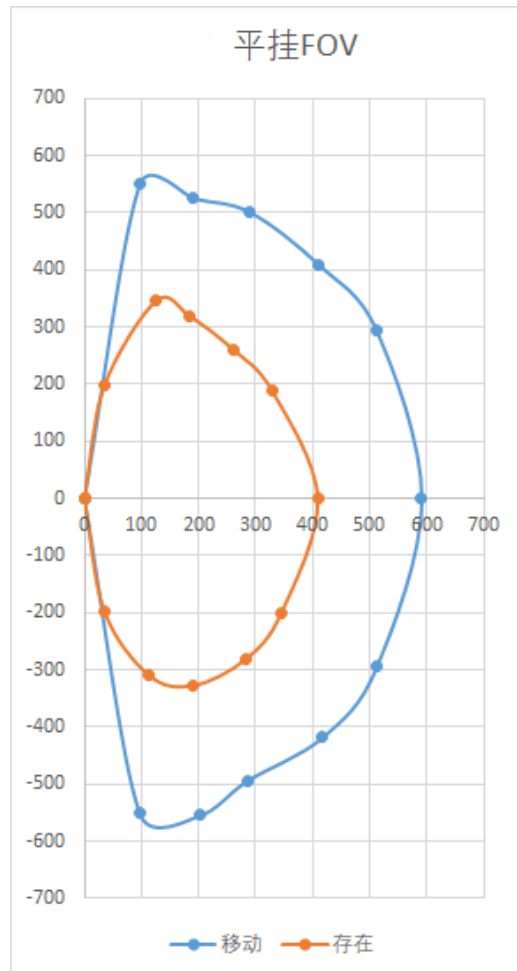
水平安装测试时，安装高度约 1 米，测试静坐存在及

走动两种状态下的覆盖范围。



● 参考覆盖范围

下图展示雷达默认配置下的静止状态（橙色区域）和运动状态（蓝色区域）的水平覆盖范围，供参考。

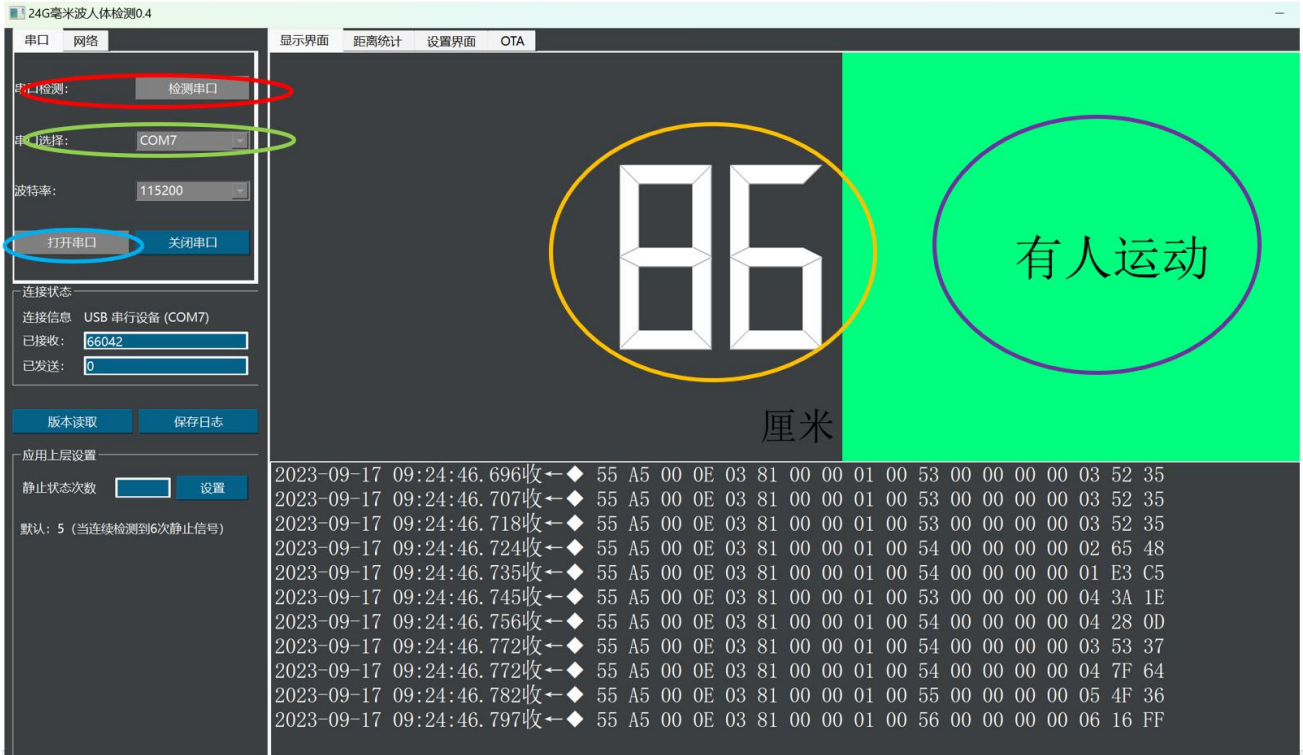


## 8. 上位机使用

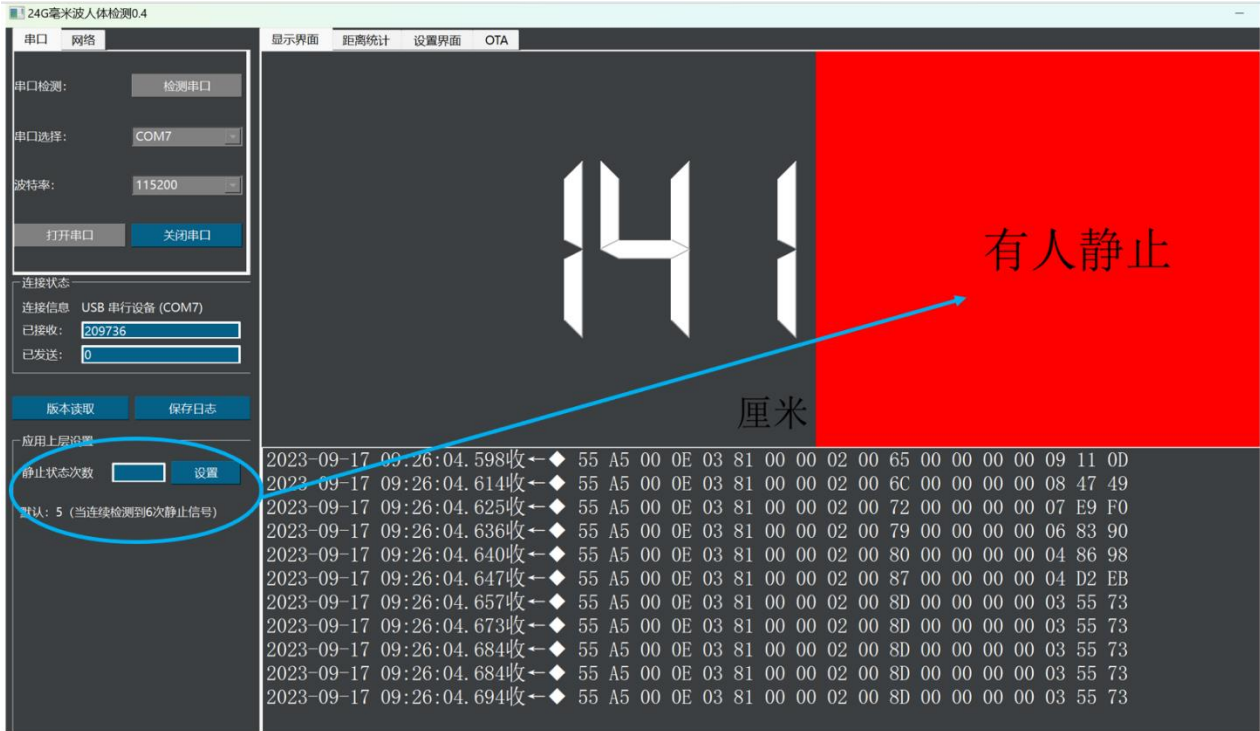
矽杰微同时提供 CEM5816G-M11 的上位机，可供用户快速配置及测试评估模块性能。以下是上位机的使用说明。

1. 按照说明连接好模块后, 点击**串口检测**—**串口选择**—**打开串口**, 此时显示界面会显示距离值及**状态**。

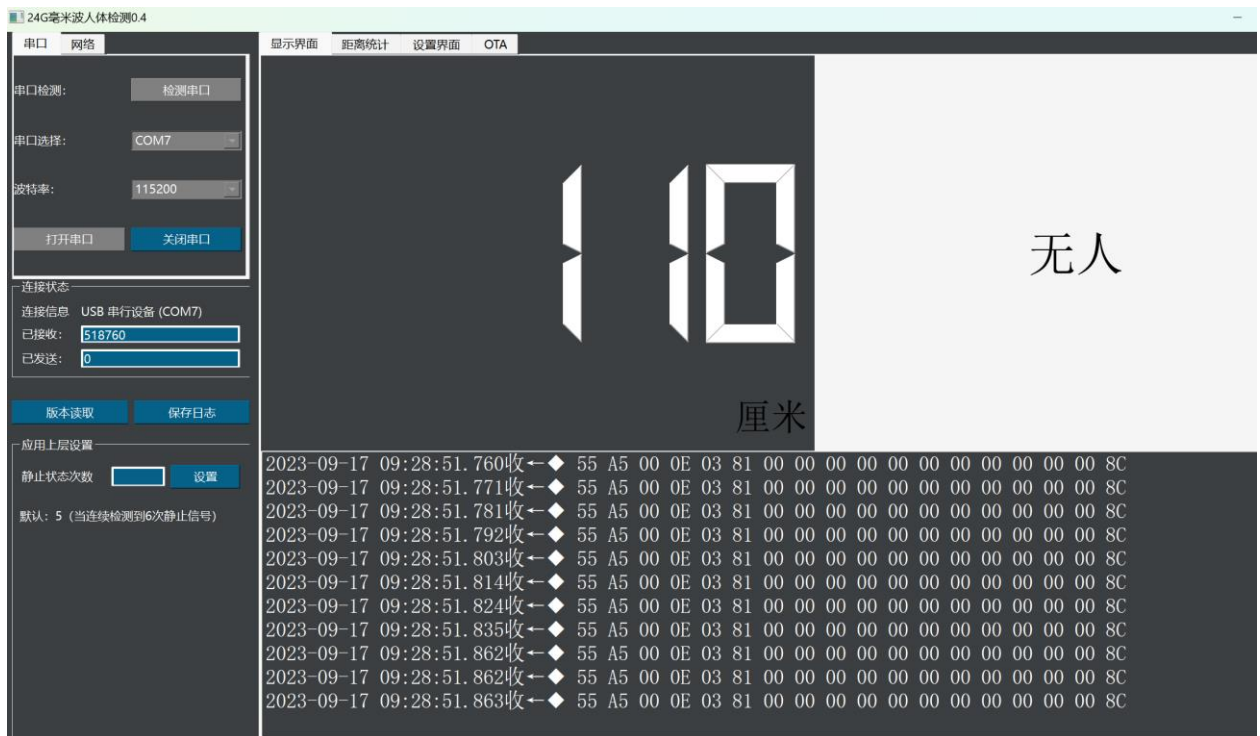
见下图。



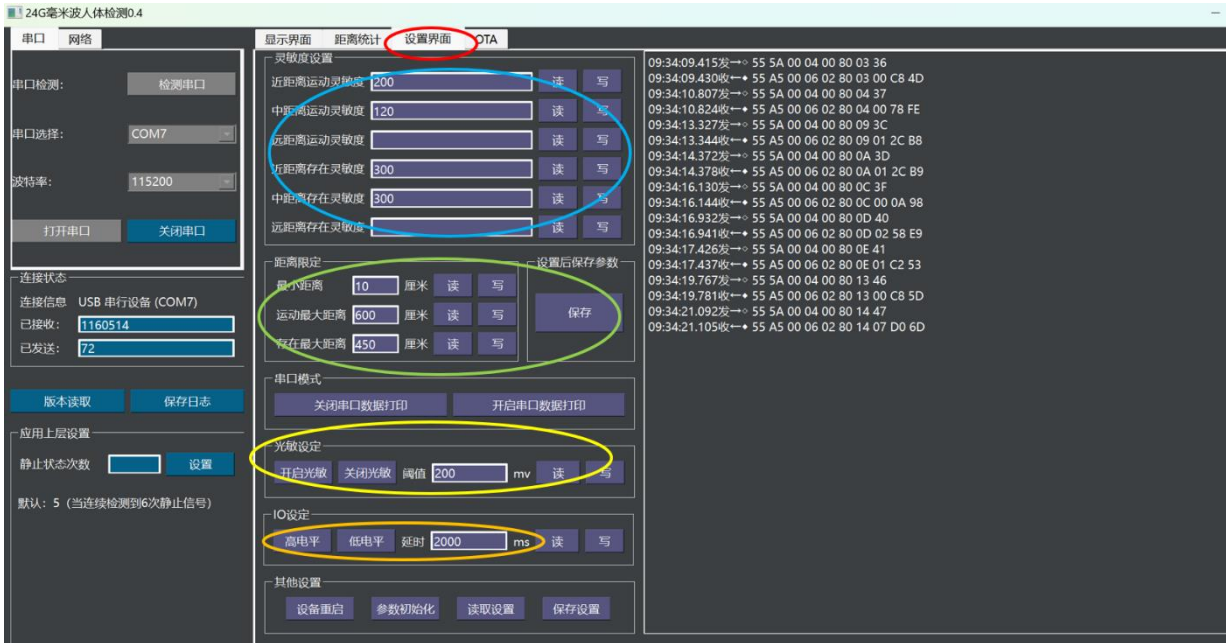
- 应用层设置：主要用来设置有人运动、有人静止，无人状态的切换。在有人 **静止状态次数** 窗口内输入大于 2 的整数，点击设置。当上位机连续接收到 **occ** 次数大于等于所设置值时上位机显示有人静止。例如设置 10，则代表上位机需连续接收到 10 次 **occ** 时，显示有人静止。上位机默认次数为 6 次。（见下页图）



3. 当雷达检测不到目标后，上位机输出无人状态。



4. 点击**设置界面**窗口，进入参数设置界面。可对模块的**灵敏度**，**检测距离**，**光敏阈值**，**延时**等做配置，在指令框中直接输入数值并点击写，即可修改模块参数。灵敏度设置栏中，近距离运动/存在灵敏度对应 1 米内设置，中距离运动/存在灵敏度对应 1 米外设置，远距离栏暂无开放。详细参数



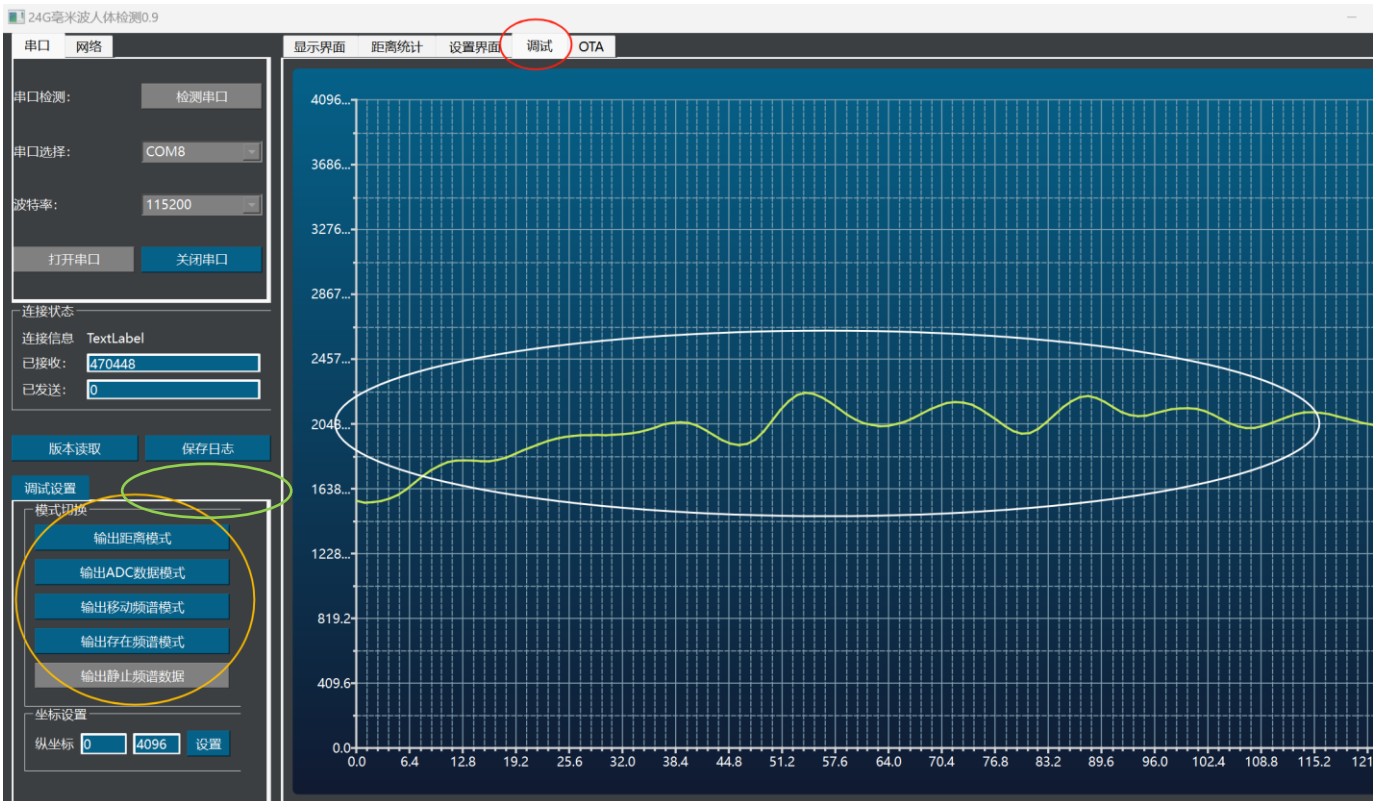
说明可见前文的指令说明。修改完参数后点击保存按钮进行保存。

5. 点击**距离统计**窗口，会实时显示距离及信号强度曲线。距离统计窗口上方曲线是实时距离曲线，红色曲线代表静止目标的距离，绿色曲线代表运动目标的距离。下方窗口显示的是实时信号强度曲线，红色曲线代表静止目标的能量值，绿色曲线代表运动目标的能量值。





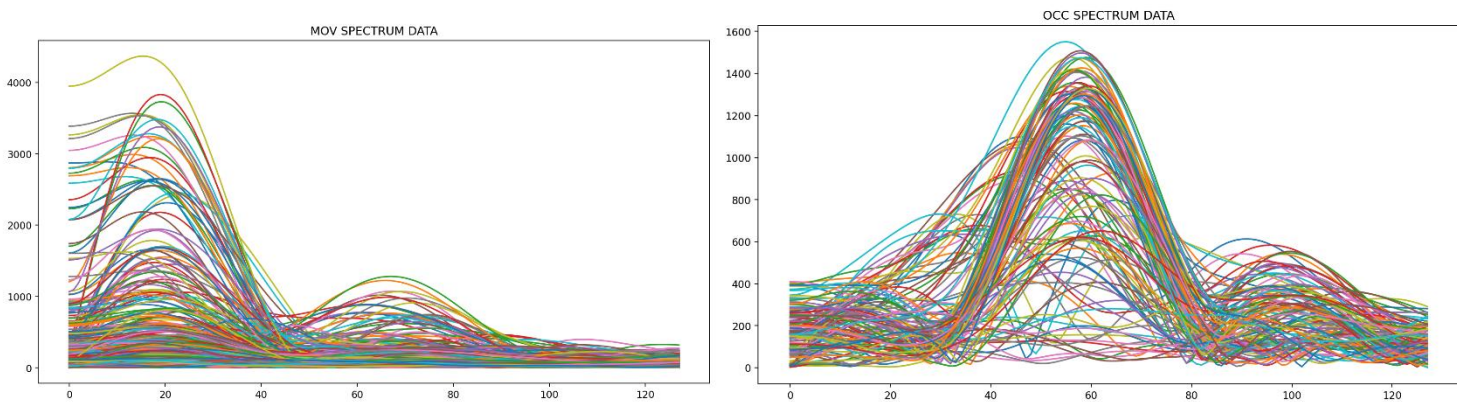
6. 在 CEM5816G-M11\_V0.9 版本起的上位机中，我们开发了可视化的底噪分析工具，同时，在软件版本号 CEM5816G-M11\_V2.2\_20231207 起的 CEM5816G-M11 中均集成了此功能，用户端可直接通过上位机操作。在左侧窗口的 **调试设置** 中，有模式切换选项，其中包含 4 个模式：输出距离模式，输



出 ADC 数据模式，输出移动频谱模式及输出存在频谱模式，点击选择其中任意一个模式后，点击选择 **调试栏**，会在窗口中显示当前实时的数据图形。

算法中对移动及存在的信号处理机制不同，底噪采集时，推荐分别选择“输出移动频谱模式”和“输出存在频谱模式”两种模式进行采集。在选择好模式后，点击上位机左侧的 **保存日志** 按钮启动数据采集。底噪采集需要积累一段时间的环境数据，当积累到所需要的时间后（一般情况下采集 1-2 分钟即可），再次点击保存日志按钮，会弹出窗口让您选择数据保存的文件夹，选择所需的文件夹即可。软件会自动生成当前底噪的图形数据，将原始数据保存于指定的文件夹，并自动开始新一轮数据采集。见下页图：

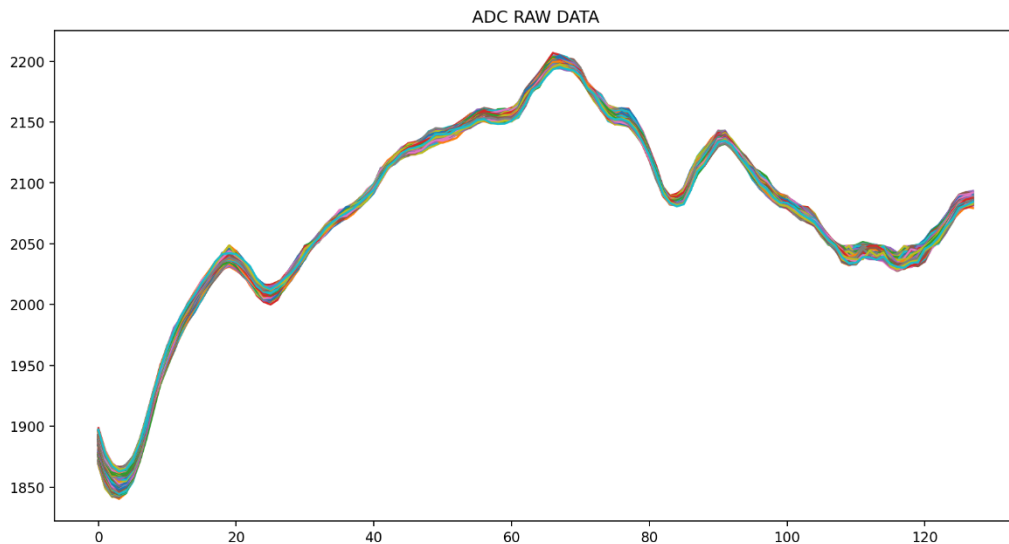
需要注意的是，上位机每次重启后或者模块重新上电，采集底噪数据都需要通过点击一次保存日志开启，之后每点击一次保存日志，软件保存及输出的是两次点击之间的数据。



上图显示的分别是“输出运动频谱模式”及“输出存在频谱模式”下输出的的图形化数据，标题 MOV\_SPECTRUM\_DATA 的是运动频谱，标题 OCC\_SPECTRUM\_DATA 是存在频谱。Y 轴是信号强度，X 轴是 128 个采样点，可以看到每个采样点位置的信号情况。详细的图形解读可联系原厂技术，提供一对一的分析服务。

下图是输出 ADC 数据模式的图形化数据输出。该模式是将 ADC 采样的未做任何算法处理的中频原始

信号以图形化直接输出，旨在观察最原始物理层信号的情况。该模式较少使用，一般用于极端异常状态（例如，信号饱和，异常高频信号叠加等）的分析检测。



## 9. 注意事项

- 安装时模组前方避免有金属及其他阻碍电磁波传输的物体遮挡天线；
- 不同外壳材质，及模块距离外壳内表面距离不同，返回的频谱能量及参数设置会有所不同，需要根据实际条件微调。一般建议模块距离外壳 5-6mm，可根据实测情况调整。
- 我们推荐用户先按模块默认设置进行测试，如果效果不如预期可将外壳结构件寄给原厂，原厂会进行测试，调整出一个参考设置。
- 推荐采用 ABS 等材料做外壳，因为人体存在雷达是非常灵敏的模块，如果采用大衰减的材料做外壳，可能会影响检测。
- 如果被测人员是背对或侧对雷达静坐，则感应效果会下降。因为背对侧对雷达时，此时呼吸导致的胸腔或腹部的起伏无法被测到。
- 安装避开空调出风口，风扇等物体。抖动的设备及物体可能会被雷达探测到而判断有人存在。

- 安装时避开大面积金属等强反射物体。金属对电磁波是强反射，可能导致接收信号畸变。
- 多模组同时安装使用时，模组间距大于 0.5 米，同时避免不同模组的天线面对面。
- 模块是挂高使用，因此输出的检测距离相比直线测试时有一些误差。手册里给出的 FOV 也仅针对我们的测试环境而言，因实际场景环境不同或者外壳等因素实际的 FOV 可能会有偏差。
- 如需要更多技术支持，可联系销售

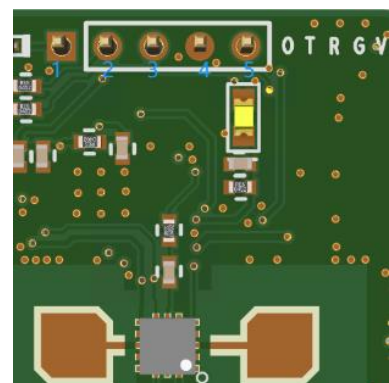
## 有关供电

- 可使用隔离及非隔离电源。注意整流桥、变压器、电感线圈等应避免直接接触模组，并尽量不要使变压器及线圈电感正对模块。可拉开一定距离错开放置或增加屏蔽层。
- 供电电源纹波尽量小于 100mV 以下，避免电源中有尖峰毛刺。
- 在直流供电链路中插入的有源及无源器件，均会带来噪声，使电源噪声抬高。对于人体存在检测雷达这样的高灵敏度模块而言，电源噪声会导致信噪比下降，模块灵敏度下降。
- 电源驱动电流不应小于模块正常工作电流。
- 如果系统中有通信模块，通信模块的供电可通过一级 LDO 与雷达模块供电隔离，避免通信模块工作时带来的电源波动及信号传导干扰。

## 10. 接口信息

接口推荐使用 2.0mm 5pin 排针，序号及相应功能见下图。

序号	功能	备注
1	OUT	有人输出高电平 3.3V，无人输出低电平 0V
2	UART-TX	3.3V 串口发送
3	UART-RX	3.3V 串口接收
4	GND	地





## 13. 包装和存储

### 13.1. 包装

在每个外包装上应贴上标签，并注明：厂家产品型号、产品名称、数量、厂家批次号、生产日期、制造厂商等。

内、外包装无破损，器件无散漏。

### 13.2. 运输

包装后的产品能用任何交通工具运输，运输中应避免碰撞、剧烈振动、雨雪淋袭、水浸等；中途转运时不得存放在露天仓库中；运输后产品不能有任何损伤和性能下降。

### 13.3. 贮存

产品应贮存在清洁、干燥、通风的环境下。

产品储存有限期限为一年，储存仓库温度为-40~55℃，相对湿度不大于 85%。