



# SQ60MAL32

## 60G 雷达模块使用说明书

数据手册 V1.2



## 1 模块说明

SQ60MAL32 是集成 FMCW 收发器 60GHz mmWave 封装天线 (AOP) 毫米波雷达及核心算法的模块。该模块以 TI IWRL6432AOP 为核心, 板载分离 DCDC 电源, Flash 及晶振, 引出 JTAG 接口及 UART 串口, 用户仅需提供 5V 电源输入, 即可从板载串口获取毫米波雷达测量数据, 并可通过串口对应用参数进行配置。雷达模块采用片上二发三收微带天线 (AOP), 57GHz 至 63.5GHz 的覆盖范围, 具有 6.5GHz 的连续带宽, 根据测量算法可提供 120° 方位角视场 (FoV) 和 120° 俯仰角 FoV。通过对雷达信号的分析 and 处理, 可以准确地检测并输出目标的数量、位置坐标、睡眠状态等信息报文, 具有高精度、高分辨率和高可靠性的特点。毫米波雷达模块, 尺寸为 12mm (L) × 33mm (W)。

## 2 产品参数

技术索引	技术参数
频段	57GHz-63.5GHz
默认安装高度 (测人)	2m
最大识别目标数量	3 个
侧装最大检测距离	6m (居中 2 米 0° 侧装)
距离分辨率	10cm
测量角度	+/- 60° (方位角 FOV) +/- 60° (俯仰角 FOV)
工作电压	5V DC
功耗 (平均)	50mA
天线	2 发 3 收
通信模式	串口 (自定义协议)
尺寸 (L×W)	12mm×33mm
工作温度	-40°C~+85°C



### 3 产品应用

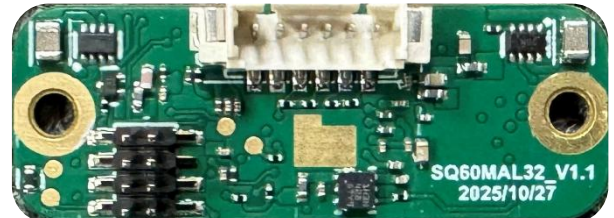
本模块不受温度、光照、粉尘等因素影响，灵敏度高，保护隐私，应用领域广泛

- 全屋智能
- 楼宇家居自动化
- 智能家电（空调，风扇，照明，传感等）
- 区域人员检测/人员轨迹追踪/人员计数
- IP 网络摄像头/智能门铃
- 自动门/居家安防/运动检测器
- 测距测速测向

### 4 模块参考图（仅供参考，以实物为主）

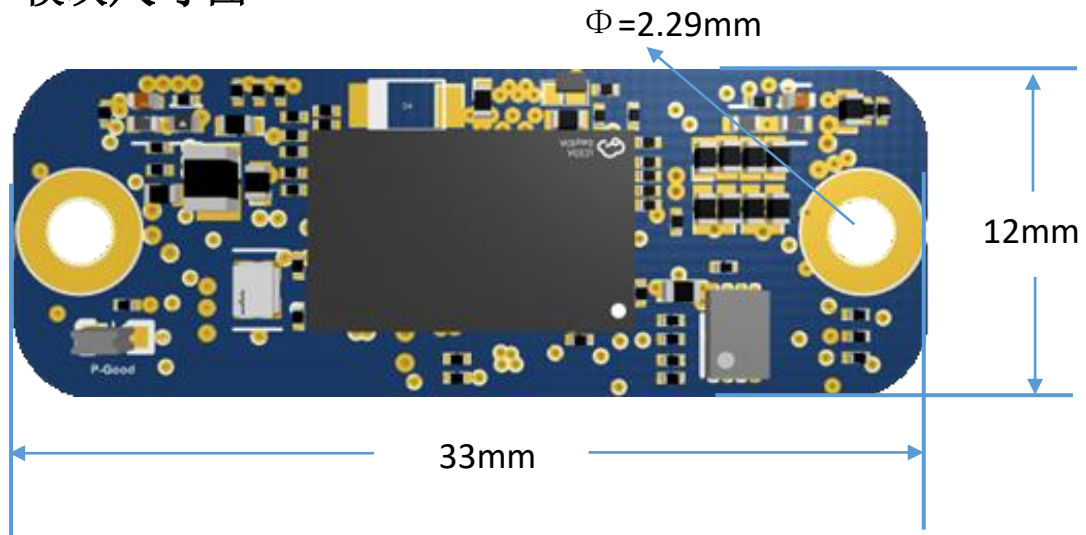


SQ60MAL32 模块正面



SQ60MAL32 模块背面

### 5 模块尺寸图

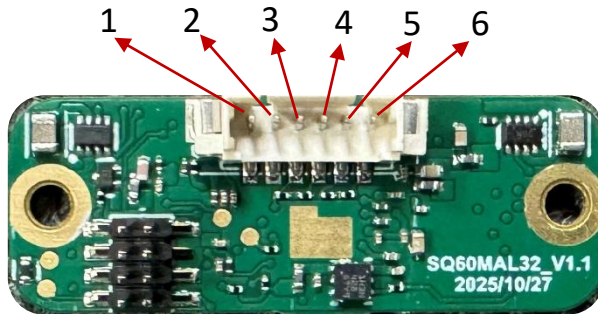


- 模块尺寸：33mm\*12mm
- 安装孔径：2.29mm
- 接口端子：6Pin 立式排插连接端子



## 6 模块使用说明

### 6.1 模块接口说明



	PIN	定义	说明
6Pin 端子	1	5V	外部 5V 供电输入
	2	GND	电源, 信号 GND
	3	RX-CLI	雷达 CLI 指令接收
	4	TX-CLI	雷达 CLI 指令发送
	5	RX	雷达通讯协议接收
	6	TX	雷达通讯协议发送

注意:

雷达接口包括以下接口:

A、电源接口(+5V 电源)

B、UART 接口 (3.3V)

C、对外部 MCU 协议通讯为 5 脚和 6 脚, 用于雷达通讯协议接收和发送, 对应的通讯协议见下文

D、RX-CLI 和 TX-CLI 为预留 CLI 指令参数配置

### 6.2 模块串口说明

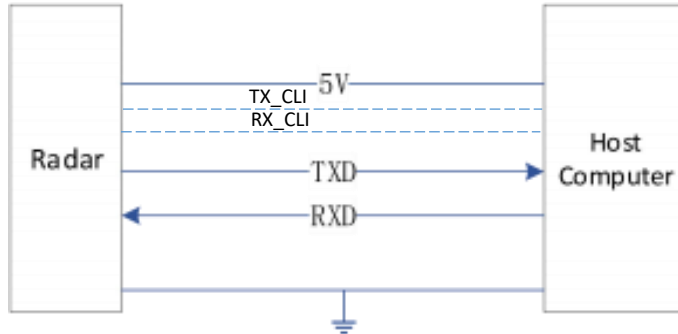
串口通信定义如下:

- 接口电平: TTL
- 波特率: 115200 bps
- 停止位: 1
- 数据位: 8
- 奇偶校验: 无



## 6.3 硬件连接

雷达硬件连接如下图所示。注：本图仅为接线原理图，实际接线顺序符合硬件设计要求。



## 6.4 串口输出参数说明

- 有人/无人
- 实时坐标数据 (x, y)
- 目标数量
- 产品信息
- 运动/睡眠状态信息

## 7 电气特性及参数

### 7.1 检测角度及距离

参数内容		最小值	典型值	最大值	单位	安装方式
雷达安装高度		1.5	2	2.4	米	0度侧装
人员运动轨迹追踪距离	由远到近	4.8	5.2	5.5	米	0度侧装, 2米高度
		4.5	4.8	5	米	20度下倾侧装, 2.4米高度
	由近到远	5.5	6	6.5	米	0度侧装, 2米高度
		5.7	6.2	6.6	米	20度下倾侧装, 2.4米高度
轨迹追踪人数			3	人	0度侧装	
雷达探测角度(水平)			120	140	度	
雷达探测角度(俯仰)			120	140	度	



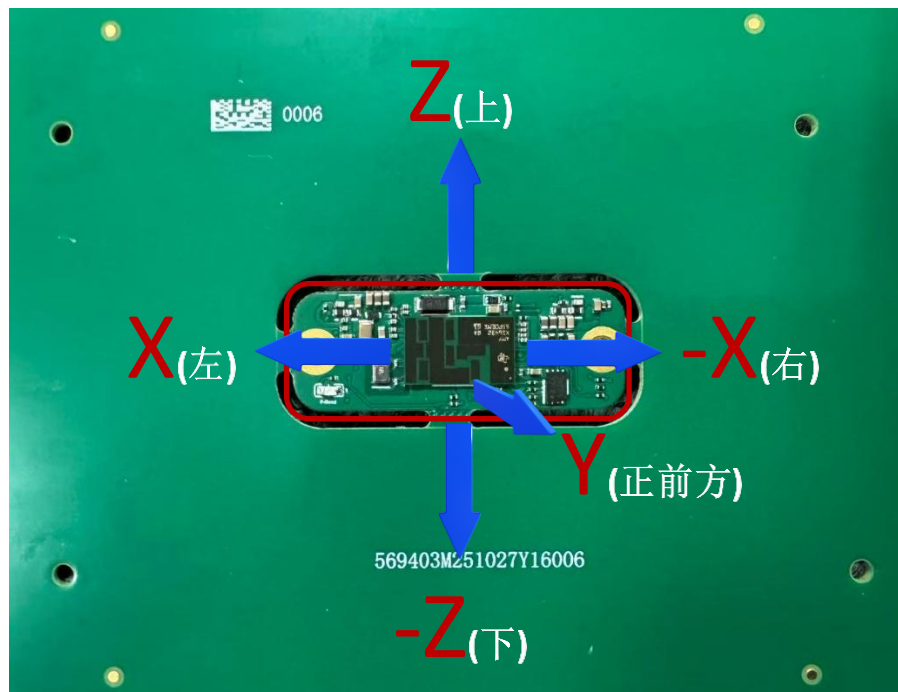
## 7.2 电气特性

工作参数	最小值	典型值	最大值	单位
工作电压 (VCC)	4.5	5	6	V
工作电流 (ICC)	40	50	60	mA
工作温度 (TOP)	-20		85	°C
存储温度 (TST)	-40		105	°C

## 7.3 射频性能

发射参数	最小值	典型值	最大值	单位
工作频率 (fTX)	57		63.5	GHz
发射功率 (Pout) *Single transmitter output power EIRP		17		dBm

## 8 雷达坐标方向





## 9 毫米波雷达模块天线罩设计

天线罩的厚度对获得毫米波传感器的最佳性能起着关键作用。

毫米波波长在天线罩的透波材料中比在自由空气中短。其在材料中的波长是基于材料介电常数的函数。为了确保天线罩对毫米波信号影响最小，选取的天线罩壁厚应等于材料中波长的整数倍。

$$t = n * \lambda_m / 2 \quad \lambda_m = \frac{c}{f \times \sqrt{\epsilon_r}}$$

其中：

t: 天线罩壁厚

c: 光速

n: 1, 2, 3... 整数倍

f: 使用的平均载波频率

$\lambda_m$ : 天线罩材料中的波长

$\epsilon_r$ : 相对介电常数

注：以上函数引自 SPRACG5 - May 2018，供参考。

在毫米波雷达应用中，最常用的天线罩材料的介电常数如下表：

Material	Permittivity $\epsilon_r$	Diss. factor $\tan\delta$
Polycarbonate	2.9	0.012
ABS	2.0 - 3.5	0.00500 - 0.0190
PEEK	3.23	0.0048
Teflon® (PTFE)	2.0	<0.0002
Plexiglass®	2.6	0.009
Glass (Corning 7059)	5.75	0.003
Ceramics (Alumina 98%)	9.8	0.0005
PE	2.3	0.0003

注：本表中的所有数值引自 AN-03，仅供参考

根据上表，推荐 Dk 和 Df（介电常数和损耗角正切）较低的材料。天线罩中使用的典型材料有聚四氟乙烯（PTFE）、聚碳酸酯（PC）、聚苯乙烯（PS）等。通常情况下，使用天线罩和天线，可以模拟查看到辐射方向图中的失真非常小。

以聚碳酸酯为例，根据波长与透波材料介电常数的函数，不同频段下的最优天线罩壁厚如下表：

Frequency $f_c$	Permittivity $\epsilon_r$	Wavelength $\lambda_0$	Wavelength $\lambda_m$	Thickness $T_m$	Thickness $2 * T_m$
24.125 GHz	2.9	12.4 mm	7.3 mm	3.6 mm	7.2 mm
62.000 GHz	2.9	4.8 mm	2.8 mm	1.4 mm	2.8 mm
76.500 GHz	2.9	3.9 mm	2.3 mm	1.15 mm	2.3 mm

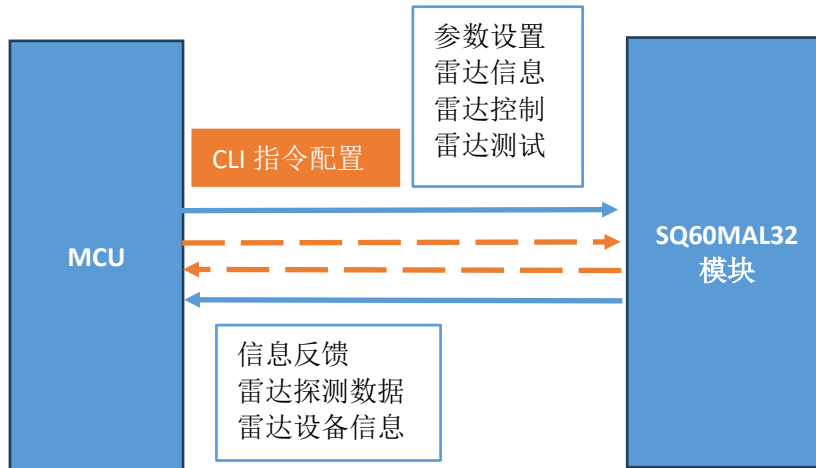


## 10 通讯功能介绍

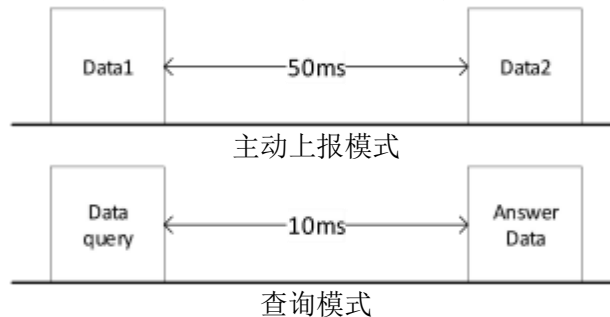
### 10.1 数据传输分类

雷达与上位机之间的数据传输包括雷达检测、雷达测试、参数查询、OTA 升级等命令，其中还包括上位机与雷达之间的双向交互式通信。

雷达与上位机之间的主要数据传输内容如下图所示。



雷达数据传输模式包括主动报告模式和查询模式。两种模式的响应时间如下图所示。



### 10.2 协议信息定义

协议格式的定义如下：

FH	CD	OD	L1	DA	CH	FT
----	----	----	----	----	----	----

序号	字段	标记	长度 (B)	说明
1	帧头	FH	2	固定为 “0x53 0x59”
2	控制字	CD	1	0x00-心跳数据包 ID; 0x02-产品信息查询



				0x03-OTA; 0x8X-功能协议 0x99-空调信息 ...
3	命令字	0D	1	
4	长度	L1	2	
5	数据	DA	-	0~2048Byte
6	SUM	CH	1	
7	帧尾	FT	2	固定为“0x54 0x43”

注：1.雷达采用高位在前，低位在后的方式进行数据传输

详细说明							
类别	功能说明	传输方向	控制字	命令字	长度	数据	校验
雷达信息	产品型号查询	下发	02	A1	0001	0x0F	SUM
		回复	02	A1	len	len B	SUM
	产品 id 查询	下发	02	A2	0001	0F	SUM
		回复	02	A2	len	len B	SUM
	硬件型号查询	下发	02	A3	0001	0F	SUM
		回复	02	A3	len	len B	SUM
	固件版本查询	下发	02	A4	0x0001	0F	SUM
		回复	02	A4	len	len B 固件版本	SUM



工作状态	初始化完成信息	上报	05	01	0001	01: 已完成 02: 未完成	SUM
模块灵敏度设置	模块灵敏度设置	下发	07	08	0001	0x01-低灵敏度 0x02-中灵敏度 0x03-高灵敏度	SUM
		回复	07	08	0001	0x01-低灵敏度 0x02-中灵敏度 0x03-高灵敏度	SUM
雷达探测范围限制信息	雷达探测范围查询	下发	07	89	0001	0F	SUM
		回复	07	89	len	1B (00) + 2B(x 轴正半轴) + 2B(x 轴负半轴) + 2B(y 轴正半轴) + 2B(y 轴负半轴) 单位 cm	SUM
	雷达探测范围设置	下发	07	09	0009	1B (00) + 2B(x 轴正半轴) + 2B(x 轴负半轴) + 2B(y 轴正半轴) + 2B(y 轴负半轴) 单位 cm	SUM
		回复	07	09	0009	1B (00) + 2B(x 轴正半轴) + 2B(x 轴负半轴) + 2B(y 轴正半轴) + 2B(y 轴负半轴) 单位 cm	SUM



轨迹方位信息	轨迹信息主动上报	上报	82	02	(11n)B	<p>Length: (11n) Byte, n-target number;</p> <p>1、1B: 目标指数;</p> <p>2、1B: 目标能量</p> <p>3、1B: 目标属性, 0x01-移动目标目标; 0x02-静态目标;</p> <p>4、2B: x-坐标, uint16, 1cm;</p> <p>5、2B: y 坐标, uint16, 1cm;</p> <p>6、2B:z 坐标, uint16, 1cm; 默认值为 0x0000;</p> <p>7、2B:径向速度, uint16, 0.01m/s; 默认值为 0x0000;</p> <p>(xyzv 以 16 位的第一位为正负号 0 为正, 1 为负)</p>	SUM
人体存在信息	存在信息主动上报	上报	80	01	0001	<p>00: 无人</p> <p>01: 有人</p>	SUM
	运动状态主动上报	上报	80	02	0001	<p>00: 非运动</p> <p>01: 运动</p>	SUM
	体动参数主动上报	上报	80	03	0001	1B 体动参数	SUM
	进无人时长设置(非睡眠)	下发	80	0D	0001	1B 时间 (默认 1 分钟, 1-10 分钟可调)	SUM
回复		80	0D	0001	1B 时间	SUM	



	进无人时长设置(睡眠)	下发	80	0E	0001	1B 时间: (默认 10 分钟, 5-30 分钟可调)	SUM
		回复	80	0E	0001	1B 时间	SUM
	进无人时长设置查询(非睡眠)	下发	80	8D	0001	0F	SUM
		回复	80	8D	0001	1B 时间	SUM
	进无人时长设置查询(睡眠)	下发	80	8E	0001	0F	SUM
		回复	80	8E	0001	1B 时间	SUM
睡眠状态信息	睡眠状态	上报	84	02	0001	01: 入睡 02: 清醒 03: 无 (无表示没有睡眠信息)	SUM
	入睡体动量设置	下发	84	1E	0001	1B: 体动门限(1-100)	SUM
		回复	84	1E	0001	1B: 体动门限(1-100)	SUM
	入睡时长设置	下发	84	1F	0001	1B 时间 (默认 10 分钟, 5-40 可调)	SUM
		回复	84	1F	0001	1B 时间	SUM
	清醒体动量设置	下发	84	20	0001	1B: 体动门限(1-100)	SUM
		回复	84	20	0001	1B: 体动门限(1-100)	SUM
	清醒时长设置	下发	84	21	0001	1B 时长: (默认 10 分钟, 5-40 可调)	SUM
		回复	84	21	0001	1B 时长	SUM
	入睡体动量设置查询	下发	84	9E	0001	0F	SUM
		回复	84	9E	0001	1B: 体动门限(1-100)	SUM
	入睡时长设置查询	下发	84	9F	0001	0F	SUM
		回复	84	9F	0001	1B 时长	SUM



	清醒体动量设置 查询	下发	84	A0	0001	0F	SUM
		回复	84	A0	0001	1B: 体动门限(1-100)	SUM
	清醒时长设置查 询	下发	84	A1	0001	0F	SUM
		回复	84	A1	0001	1B 时长	SUM
OTA (待 开 放)	开始 OTA	下发	03	01	0004	4B 固件包大小	SUM
		回复	03	01	0004	4B 每帧传输升级包大小	SUM
	升级包传输	下发	03	02	len+4	4B 包偏移地址 + len B 数据包	SUM
		回复	03	02	0001	01: 接收成功 02: 接收失败	SUM
	完成 OTA	下发	03	03	0001	01: 固件包发送完成 02: 固件包发送未完成	SUM
		回复	03	03	0001	0x01	SUM
空 调 信 息	睡眠时段信息	下发	99	01	0001	00: 非睡眠时段 01: 睡眠时段	SUM
		回复	99	01	0001	0x00	SUM



## 11 常用 CLI 配置

如有需要，客户可通过 UART-CLI 串口进行雷达配置（预留功能）

### 11.1 边界设置

1)、命令：

`staticBoundaryBox X-min X-max Y-min Y-max Z-min Z-max`

`boundaryBox X-min X-max Y-min Y-max Z-min Z-max`

`presenceBoundaryBox X-min X-max Y-min Y-max Z-min Z-max`

X-min, X-max, Y-min, Y-max, Z-min, Z-max, 单位为米。

2)、示例：

`boundaryBox-4 4 0.5 6 -0.5 2`

```
[2025-02-28 16:13:10.781]# SEND ASCII>
boundaryBox -4 4 0.5 6 -0.5 2

[2025-02-28 16:13:11.222]# RECV ASCII>
boundaryBox -4 4 0.5 6 -0.5 2
Done
SQJS:/>
```

`staticBoundaryBox -3.5 3.5 1 5.5 -0.5 2`

```
[2025-02-28 16:15:08.285]# SEND ASCII>
staticBoundaryBox -3.5 3.5 1 5.5 -0.5 2

[2025-02-28 16:15:08.754]# RECV ASCII>
staticBoundaryBox -3.5 3.5 1 5.5 -0.5 2
Done
SQJS:/>
```

`presenceBoundaryBox -3.5 3.5 1 5.5 -0.5 2`



```
[2025-03-03 21:07:05.789]# SEND ASCII>
presenceBoundaryBox -3.5 3.5 1 5.5 -0.5 2

[2025-03-03 21:07:06.236]# RECV ASCII>
presenceBoundaryBox -3.5 3.5 1 5.5 -0.5 2
Done
SQJS:/>
```

当雷达居中侧装时,staticBoundaryBox 的 X-min, X-max, Y-min, Y-max, 建议在 boundaryBox 的基础上, 向 0 收缩 0.5。二者的 Z-min, Z-max, 默认为-0.5 和 2, 建议不更改。

presenceBoundaryBox, 默认和 staticBoundaryBox 保持一致; 如果有特殊需要, 比如检测床的区域, 也可以单独配置。

### 3)、含义:

boundaryBox 用于定义雷达的检测区域范围, 限制雷达仅处理该区域内的目标。它是一个物理空间范围参数, 通常用于减少误检或聚焦关键区域; 它定义了一个三维(或二维)的检测区域, 仅在此范围内的目标会被跟踪器处理, 超出范围的测量点(如噪声、多径反射产生的虚警目标)会被直接丢弃。

staticBoundaryBox 用于区分静态和动态目标。通过设置静止目标的特征(如速度阈值、尺寸、反射强度等), 帮助雷达过滤或特殊处理静止物体。

staticBoundaryBox 的尺寸, 比 boundaryBox 略小。

presenceBoundaryBox 用于检测指定区域, 是否存在生命体征(主要由运动、呼吸和心率产生)。

## 11.2 雷达高度和角度配置

### 1)、命令

sensorPosition xOffset yOffset zOffset azimuthTilt elevationTilt

### 2)、示例

sensorPosition 0 0 2.0 0 0

```
[2025-02-28 13:47:39.534]# SEND ASCII>
sensorPosition 0 0 2.0 0 0

[2025-02-28 13:47:39.978]# RECV ASCII>
sensorPosition 0 0 2.0 0 0
Done
SQJS:/>
```

### 3)、含义

xOffset 在 x 轴上相对于边界框(boundary)原点的雷达传感器位置偏移量, 单位为米; 默认值为 0。



yOffset 在 y 轴上相对于边界框(boundary)原点的雷达传感器位置偏移量，单位为米；默认值为 0。

zOffset 为雷达的离地高度，单位为米；默认安装高度 2.0 米；

azimuthTilt 为雷达的方向角，单位为角度；默认为 0°。

elevationTilt 为雷达的倾角，单位为角度；默认下倾角为 0°。

## 11.3 报文上报周期配置

1)、命令

arg lora\_period xx

2)、示例

arg lora\_period 35

```
[2025-02-28 14:03:41.012]# SEND ASCII>
arg lora_period 35

[2025-02-28 14:03:41.470]# RECV ASCII>
arg lora_period 35
lora_report_period [35]x100ms = 3.500000Sec
Done
SQJS:/>
```

3)、含义

报文上报周期，以 100ms 为单位。默认 35，即 3.5 秒。

## 11.4 保存设置

设置完成后，通过“arg save”，保存参数到 QSFlash。如果没有这一步，重启后数据会恢复为 QSFlash 中的数据。

```
[2025-07-03 14:06:40.448]# SEND ASCII>
arg save

[2025-07-03 14:06:40.895]# RECV ASCII>
arg save

[2025-07-03 14:06:40.998]# RECV ASCII>
Arg_clear Success.
Arg_save Success.
Done
SQJS:/>
```

数据发送 | 1. DCD ● 2. RXD ● 3. TXD ● 4. DTR ● 5. GND ● 6. 清除 清除

arg save | 发送

“arg save”之后，建议再输入“sys show”，查看所保存的配置是否生效。



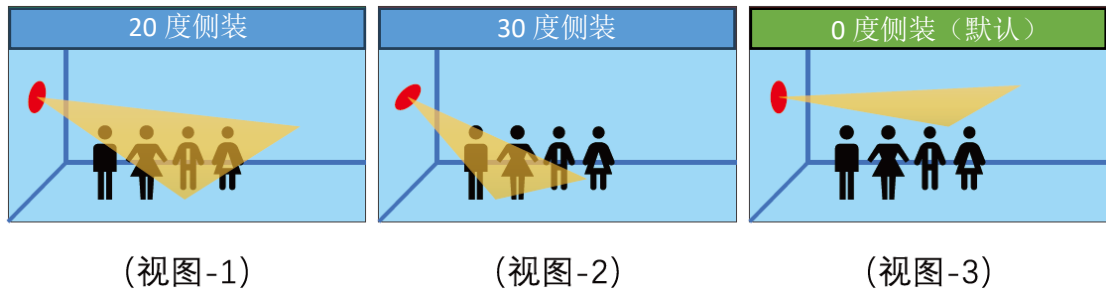
## 12 雷达模块测试及使用方法

### 12.1 雷达模块安装要求

雷达模块通常用于侧墙安装，安装示意如下。

默认安装高度（侧装安装）：2m 高      向下倾斜：0 度

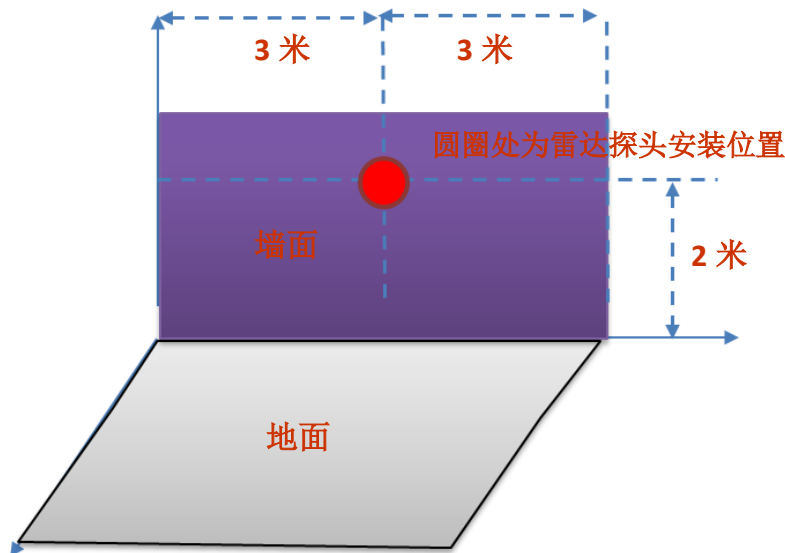
如下图最右侧安装，为默认安装方式。



### 12.2 雷达模块侧装模式说明

#### 侧装居中模式（安装高度 2m）

侧装居中模式，安装位置如下：



按照此位置，雷达模块与测试工具在墙面的正中间位置安装时，雷达模块天线面应正对前方，水平方向不能有角度偏移，下倾角 0°。

