

HS2xxA 系列  
毫米波人体感应传感器  
用户手册



成都阶跃时进科技有限公司发布

2020-03-05

## 修订历史

版本	日期	原因
V1.00	2019/10/15	创建文档
V1.01	2020/03/05	修改命令描述

## 目 录

1. 产品简介.....	2
1.1 传感器简介.....	2
1.2 功能简介.....	2
2. 操作说明.....	3
2.1 接口定义.....	3
2.2 安装方式.....	3
2.2.1 顶部安装.....	4
2.2.2 底部安装.....	4
2.2.3 水平安装.....	5
2.2.4 向下倾斜安装.....	5
2.3 连接方式.....	5
3. 通信协议.....	3
3.1 配置输出信息.....	3
3.2 原始点云目标输出：ASCII 码字符串格式.....	4
3.3 人体感应结果输出：ASCII 码字符串格式.....	4
3.4 配置传感器感应区域.....	5
3.5 配置传感器输出延迟时间.....	6
3.6 配置传感器启动模式.....	6
3.7 传感器启动控制.....	7
3.8 传感器复位控制.....	7
3.9 传感器停止控制.....	8
3.10 保存配置参数.....	8
3.11 恢复出厂设置.....	8
3.12 配置传感器性能参数.....	9
4. 关于外壳说明.....	10
4.1 外壳要求.....	10
4.2 外壳设计原则.....	10
4.2.1 外壳厚度.....	10
4.2.2 外壳与天线距离.....	11
4.2.3 外壳材料.....	11
5. 常见问题.....	12
6. 注意事项.....	13
7. 免责声明.....	14
8. 版权说明.....	15
参考文档.....	16

## 1. 产品简介

### 1.1 传感器简介

HS2xxA 系列毫米波人体感应传感器是采用 FMCW、CW 多模调制和 1 发 1 收天线结构的 24GHz 毫米波传感器模块（简称为 HS2xxA 系列模块）。

传感器向感应区域发射 FMCW 和 CW 无线电波，感应区域内的所有运动、微动、极弱微动的目标反射的无线电波，经传感器系统中的毫米波 MMIC 电路转换为电信号，送处理器，运行信号和数据处理算法。解算出目标信息。

由于人体呼吸作用，引起胸腔或身体其他部位的微弱起伏运动，HS2xxA 系列模块能够高灵敏度的检测到该微弱的运动。因此 HS2xxA 系列模块能够做到即使人体处于完全静止状态，比如睡觉，仍然能够准确感应到是否有人存在以及人员有无呼吸。

HS2xxA 系列毫米波人体感应传感器包含多种型号传感器产品，不同型号产品硬件电路和固件完全相同，主要差异在结构尺寸、天线辐射角度、EIRP 不同，影响感知人体的最远距离和可感知区域大小

### 1.2 功能简介

HS2xxA 系列模块具有人体存在、人体静止及人体运动感知功能。可以感知区域内无人或有人存在，对于人员睡觉等静止状态，也可准确感知到人员存在。

感应结果可以选择通过串口输出或通过 I/O 口开关量输出，并且传感器模块具有感应可靠性强，灵敏度高，体积小，使用简单，易于嵌入集成等特点。

HS2xxA 系列模块针对物联网行业应用场景和应用特点，处理算法经深度优化，配置灵活，能自适应各种苛刻应用环境和不同应用场景对性能及功能需求。

HS2xxA 系列模块具有如下功能特点：

- 人员存在感知：感知区域内无人存在或有人存在；
- 人员静止感知：感知人员如睡觉、一动不动等静止不动状态；
- 人员运动感知：感知人员如走路、抬手、晃头等动作引起的小或大幅度运动状态；
- 多型号模块选择：满足不同感应距离、不同感应区域、不同体积等应用需求；
- I/O 口开关量输入输出：作为控制开发、触发开关，简化模块使用，易上手；
- 串口输入输出：作为配置及控制输入，详细感应结果输出，满足特殊应用；
- 生命体征感应：感应由呼吸引起身体起伏运动的其他生物体的存在（猫、狗、马、猪、牛等）；

## 2. 操作说明

### 2.1 接口定义

HS2xxA 系列模块的接口功能定义及功能说明详见表 2.1 所示。

表 2.1 HS2xxA 系列模块接口定义表

引脚序号	定义	说明
1	UART Tx	传感器串口发送
2	UART Rx	传感器串口接收
3	GPIO1	通用输入输出
4	GPIO2	通用输入输出（默认有人存在时输出高电平，无人存在时输出低电平）
5	GND	地
6	VCC	电源
7	NC	保留，请悬空
8	NC	保留，请悬空

HS2xxA 系列模块提供 2 路 I/O 口，可用于电平触发输入输出应用；提供 1 路串口，用于配置输入及感应结果输出。

图 2.1 为 HS2xxA 系列模块的典型产品 HS2643A，以实物图形式注解 HS2xxA 系列模块的接口定义。

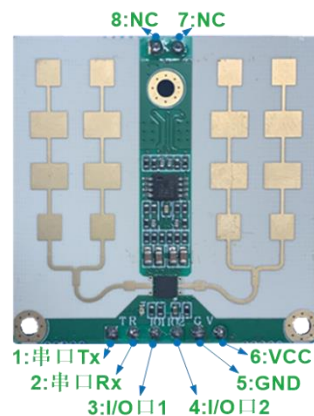


图 2.1 HS2643A 模块接口注释图

### 2.2 安装方式

毫米波人体传感器对安装较为敏感，不当的安装将导致传感器发射的电磁波不能或不合理的照射到待检测目标上，直接影响毫米波人体传感器的性能和功能，甚至导致传感器失效。因此合理的安装方式，对正常使用毫米波人体传感器有着至关重要的作用。

HS2xxA 系列模块常用的安装方式有顶部安装、底部安装、水平安装和向下倾斜安装。无论何种安装方式，都需要尽可能保证待检测目标位于传感器发射的电磁波的照射区域内。

HS2xxA 系列模块照射区域主要由发射波束角度决定，波束角度 3D 示意图如图 2.2 所示。

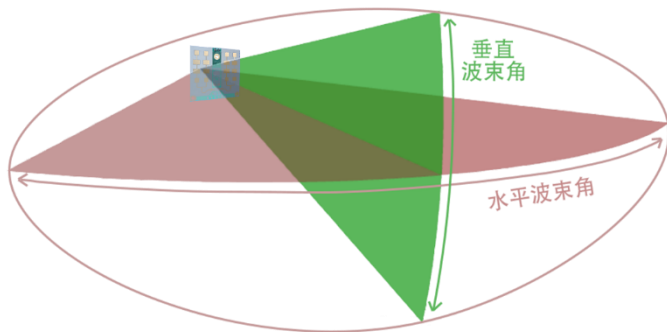


图 2.2 HS2xxA 系列模块波束角度 3D 示意图

注：(1)关于详细的波束图和目标检测区域介绍，详见“产品说明书”的“人体感应区域”章节  
(2)HS2xxA 系列模块中产品的角度，详见“产品说明书”的“产品选型”章节参数

### 2.2.1 顶部安装

图 2.3 为 HS2xxA 系列模块顶部安装示意图，安装高度根据检测区域确定，检测区域平面面积大小，由指定水平和垂直角的波束照射到待检测目标所在平面形成的椭圆区域确定。波束照射到地面及墙壁等平面时，可能发生类似镜面反射的多径反射，检测到其他更远处的目标，可通过参数设置，滤除需检测距离以外的目标。

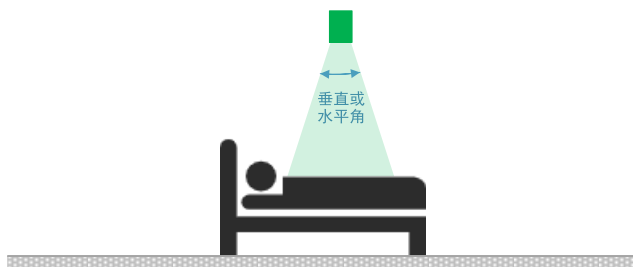


图 2.3 顶部安装示意图

### 2.2.2 底部安装

图 2.4 为 HS2xxA 系列模块底部安装示意图，安装高度根据检测区域确定，请确保模块距离待检测区域的距离，大于模块的最小检测距离 0.3 米。检测区域平面大小，由指定水平和垂直角的波束照射到待检测目标所在平面形成的椭圆区域确定，同时需要注意波束穿透待检测目标所在平面，及在待检测平面的多次反射的多径效应造成的影响，可通过参数设置，滤除需检测距离以外的目标。

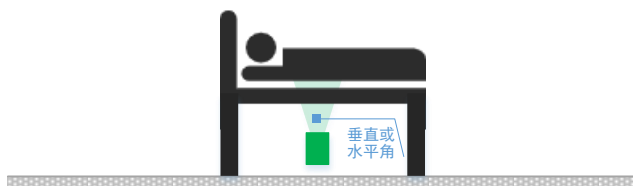


图 2.4 底部安装示意图

### 2.2.3 水平安装

图 2.5 为 HS2xxA 系列模块水平安装示意图，安装高度无特殊要求，可根据待检测目标高度确定，同时也需要注意波束照射到地面、墙壁造成的多径影响。

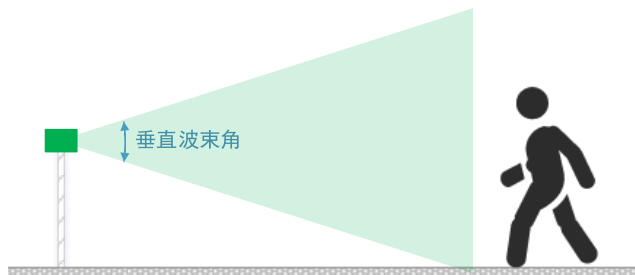


图 2.5 水平安装示意图

### 2.2.4 向下倾斜安装

图 2.6 为 HS2xxA 系列模块向下倾斜安装示意图，向下倾斜角度不能过大，否则检测静止人体时，因为身体起伏部位的起伏幅度在传感器方向上的径分量很微小，将造成漏检。同时也需要注意波束照射到地面、墙壁造成的多径影响。

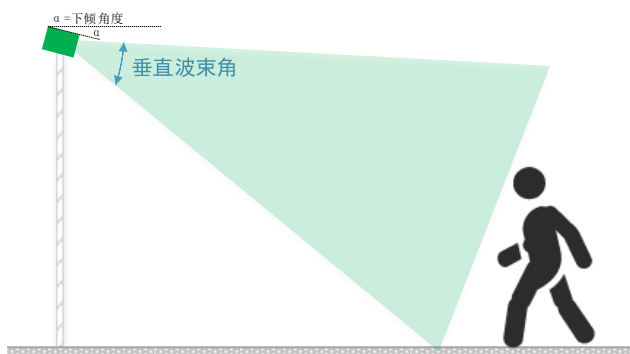


图 2.6 向下倾斜安装示意图

## 2.3 连接方式

图 2.7 为 HS2xxA 应用时的连接框图。

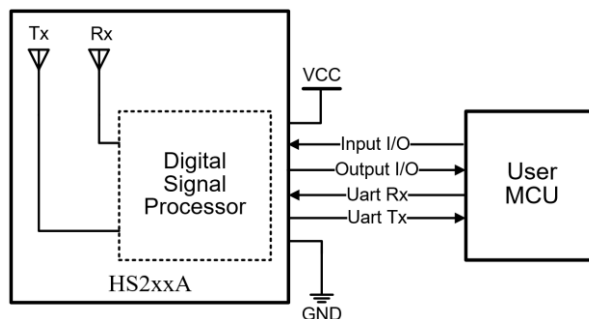


图 2.7 HS2xxA 连接框图

关于连接框图，传感器接口连接说明如下：

1. 毫米波人体传感器 VCC 引脚接 3.6V~5.5V 稳定的直流电源；

2. 毫米波人体传感器 GND 引脚接直流电源的负端；
3. 毫米波人体传感器的 2 路输入输出引脚,用于用户硬件控制毫米波人体传感器或毫米波人体传感器触发用户系统电路；如不使用，可悬空；
4. 毫米波人体传感器的 1 路串口引脚,用于配置毫米波人体传感器或毫米波人体传感器输出感应结果；如不使用，可悬空；

图 2.8 为 HS2xxA 系列模块的典型产品 HS2643A,以实物图形式注解 HS2xxA 系列产品的测试连接图。



图 2.8 HS2643A 传感器测试连接注释图



### 3. 通信协议

如果用户将 HS2xxA 系列模块当作触发开关，即仅使用模块的 I/O 口，同时在配置参数满足性能和功能要求时，则可以不使用串口，也不需要关心通信协议。

HS2xxA 系列模块采用串口通信模式，以易于理解和调试的 ASCII 码字符串作为命令交互和数据交互。

1. 串口通信配置：115200 波特率，1 位停止位，8 位数据位，无奇偶校验位，无流控。
2. 命令交互：ASCII 码字符串格式，以回车换行结束；命令和参数、参数和参数间用空格分割开。
3. 配置传感器工作参数时，传感器必须处于停止状态；参数配置完成后，必须发送保存参数命令将改动的参数保存在不掉电丢失存储器中。

#### 3.1 配置输出信息

<b>描述：</b>	
■ 配置传感器输出数据种类和数据格式。传感器默认配置为仅以 ASCII 码字符串格式输出感应结果。	
<b>命令：</b>	
monitorCfg par1 par2 par3 par4	
<b>参数项：</b>	
par1	串口输出信息总开关： 0：关闭串口输出信息 1：以 TLV 格式输出信息 2：以 ASCII 码字符串格式输出信息（默认值） 3：同时以 TLV 和 ASCII 码字符串格式输出信息
par2	“检测矩阵数据”输出格式选择： 0：关闭检测矩阵数据输出（默认值） 1：检测矩阵数据以 TLV 格式输出
par3	“原始点云目标”输出格式选择： 0：关闭原始点云目标输出（默认值） 1：原始点云目标以 TLV 格式输出 2：原始点云目标以 ASCII 码字符串格式输出 3：原始点云目标同时以 TLV 和 ASCII 码字符串格式输出
par4	“人体感应结果”输出格式选择： 0：关闭人体感应结果输出 2：人体感应结果以 ASCII 码字符串格式输出（默认值）
注：参数 par2 及相关的 TLV 格式主要针对特殊应用，目前未开放	
<b>响应：</b>	
Done	命令执行成功（当 par1 为 0，命令成功执行后，串口不再输出任何信息，包括 Done 字符串）
Error	命令执行失败
<b>例子：</b>	
关闭串口输出信息	monitorCfg 0 0 0 0
（默认配置）设置感应结果以 ASCII 码字符串	monitorCfg 2 0 0 2

格式输出，关闭检测矩阵数据输出，关闭原始点云目标输出	
----------------------------	--

### 3.2 原始点云目标输出：ASCII 码字符串格式

<b>描述：</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 字符串信息以"\$"开始，"*"结束，多个参数用","隔开，占位参数（保留）用空格代替。</li> <li>■ 一个原始点云目标输出一条字符串消息，多个目标输出多条字符串消息。无目标则不输出消息。</li> <li>■ “人体感应传感器”的原始点云目标默认以 1Hz 数据刷新率输出。</li> <li>■ 原始点云目标输出受配置使能输出信息命令 monitorCfg 的参数 par1 和 par3 影响。</li> </ul>	
<b>响应：</b>	
\$JYRPO,par1,par2,par3,par4,par5,par6,par7*	
<b>参数项：</b>	
par1	检测的原始点云目标总数： 整数类型，值范围 1~8
par2	原始点云目标序号： 整数类型，值范围 1~原始点云目标总数
par3	原始点云目标距离： 单精度浮点类型，单位：m；
par4	原始点云目标速度： 单精度浮点类型，单位：m/s；
par5	占位参数： 保留，用空格代替
par6	原始点云目标信噪比（信号幅度除以阈值）： 单精度浮点类型，单位：无
par7	占位参数： 保留，用空格代替
<b>例子：</b>	
输出 4 个原始点云目标	<pre>\$JYRPO,4,1,0.882, ,1.562, , * \$JYRPO,4,2,1.773, ,0.718, , * \$JYRPO,4,3,3.687, ,1.468, , * \$JYRPO,4,4,4.281, ,0.687, , *</pre>

### 3.3 人体感应结果输出：ASCII 码字符串格式

<b>描述：</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 字符串信息以"\$"开始，"*"结束，多个参数用","隔开，占位参数（保留）用空格代替。</li> <li>■ “人体感应传感器”的感应结果默认以 1Hz 数据刷新率输出。</li> <li>■ 人体感应结果输出受配置使能输出信息命令 monitorCfg 的参数 par1 和 par4 影响。</li> </ul>	
<b>响应：</b>	
\$JYBSS,par1,par2,par3,par4*	
<b>参数项：</b>	
par1	感应结果： 0：无人

	1: 有人 (静止或运动)
par2	占位参数: 保留, 用空格代替
par3	占位参数: 保留, 用空格代替
par4	占位参数: 保留, 用空格代替
例子:	
传感器感应到有人 (运动或静止)	\$JYBSS,1,,*
传感器感应到无人	\$JYBSS,0,,*

### 3.4 配置传感器感应区域

描述:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ HS2xxA 系列模块默认将感应区域配置为 128 等份, 每一等份大约 15cm。配置参数则在 0~127 中选择, 作为感应区域的距离值索引。</li> <li>■ 感应区域允许配置 4 段, 4 段配置值必须从小到大依次配置, 且不能互相包含。</li> </ul> <p>注: 由于传感器模拟射频器件的离散性和非线性等因素, 区域配置每一等份的值在 15cm 左右有稍许偏移。</p>	
命令:	
detRangeCfg par1 parA_s parA_e parB_s parB_e parC_s parC_e parD_s parD_e	
参数项:	
par1	保留, 常数-1
parA_s parA_e	第 1 段感应区域配置值: parA_s: 感应区域距离起始值索引 ( $\geq 0$ ) parA_e: 感应区域距离结束值索引
parB_s parB_e	第 2 段感应区域配置值 (索引必须从第 1 段感应区域配置索引后开始): parB_s: 感应区域距离起始值索引 parB_e: 感应区域距离结束值索引
parC_s parC_e	第 3 段感应区域配置值 (索引必须从第 2 段感应区域配置索引后开始): parC_s: 感应区域距离起始值索引 parC_e: 感应区域距离结束值索引
parD_s parD_e	第 4 段感应区域配置值 (索引必须从第 3 段感应区域配置索引后开始): parD_s: 感应区域距离起始值索引 parD_e: 感应区域距离结束值索引 ( $\leq 127$ )
注: 将感应区域距离起始或结束值索引乘以 15cm, 则代表起始或结束距离值	
响应:	
Done	命令执行成功
Error	命令执行失败
例子:	
(默认配置) 感应距离 “0m 到 3m” 的区域 (0m=0*0.15cm, 19.05m=127*0.15cm)	detRangeCfg -1 0 127
感应距离 “1.5m 到 3m” 的区域	detRangeCfg -1 10 20

(1.5m=10*0.15cm, 3m=20*0.15cm)	
感应距离“1.5m到3m”“7.5m到12m”的区域 (1.5m=10*0.15cm, 3m=20*0.15cm) (7.5m=50*0.15cm, 12m=80*0.15cm)	detRangeCfg -1 10 20 50 80
感应距离“1.5m到3m”“7.5m到12m”“13.5m到15m”的区域 (1.5m=10*0.15cm, 3m=20*0.15cm) (7.5m=50*0.15cm, 12m=80*0.15cm) (13.5m=90*0.15cm, 15m=100*0.15cm)	detRangeCfg -1 10 20 50 80 90 100
感应距离“1.5m到3m”“7.5m到12m”“13.5m到15m” “15.75m到16.5m”的区域 (1.5m=10*0.15cm, 3m=20*0.15cm) (7.5m=50*0.15cm, 12m=80*0.15cm) (13.5m=90*0.15cm, 15m=100*0.15cm) (15.75m=105*0.15cm, 16.5m=110*0.15cm)	detRangeCfg -1 10 20 50 80 90 100 105 110

### 3.5 配置传感器输出延迟时间

<b>描述:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>配置传感器检测到目标，延迟输出感应结果的时间；目标消失后，延迟输出感应结果的时间。默认检测到目标后，延迟输出时间为 2.5 秒；目标消失后，延迟输出时间为 10 秒。</li> </ul>	
<b>命令:</b>	
outputLatency par1 par2 par3	
<b>参数项:</b>	
par1	保留，常数-1
par2	检测到目标，延迟输出感应结果时间： 值范围：0~65535，单位：25ms
par3	目标消失后，延迟输出感应结果时间： 值范围：0~65535，单位：25ms
<b>响应:</b>	
Done	命令执行成功
Error	命令执行失败
<b>例子:</b>	
（默认配置）检测到目标，延迟时间 2.5 秒。目标消失后，延迟时间 10 秒。	outputLatency -1 100 400
检测到目标，延迟时间 5 秒。目标消失后，延迟时间 20 秒。	outputLatency -1 200 800

### 3.6 配置传感器启动模式

<b>描述:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>配置传感器上电立即启动运行或是上电等待启动命令再启动运行；默认为上电立即启动运行。</li> </ul>	
<b>命令:</b>	
sensorCfgStart par1	

参数项：	
par1	使能传感器上电立即启动运行： 0: 禁止传感器上电立即启动运行，需要 sensorStart 命令才能启动运行（默认值） 1: 使能传感器上电立即启动运行，无需 sensorStart 命令即可开始运行
响应：	
Done	命令执行成功
Error	命令执行失败
例子：	
禁止传感器上电立即启动运行	sensorCfgStart 0
（默认配置）使能传感器上电立即启动运行	sensorCfgStart 1

### 3.7 传感器启动控制

描述：	
<ul style="list-style-type: none"> <li>当传感器处于未启动状态且没有设置的参数需要保存时，启动传感器开始运行。</li> <li>通过 sensorCfgStart 命令，传感器配置为上电立即启动运行时，则不需要等待 sensorStart 命令启动运行。</li> </ul>	
命令：	
sensorStart	
参数项：	
空	无参数
响应：	
Done	命令执行成功
Error	命令执行失败
例子：	
启动传感器	sensorStart

### 3.8 传感器复位控制

描述：	
<ul style="list-style-type: none"> <li>软件复位传感器。</li> </ul>	
命令：	
resetSystem	
参数项：	
空	无参数
响应：	
Error	命令执行失败
无响应字符串	命令执行成功后会直接复位传感器，因此无响应字符串
例子：	
软件复位传感器	resetSystem

### 3.9 传感器停止控制

描述:	
■ 传感器在运行状态时, 使传感器停止运行。	
命令:	
sensorStop	
参数项:	
空	无参数
响应:	
Done	命令执行成功
Error	命令执行失败, 传感器未在运行状态
例子:	
停止传感器	sensorStop

### 3.10 保存配置参数

描述:	
■ 通过串口重新配置传感器参数, 且未保存时, 该命令将新的配置参数保存到传感器 Flash 中。	
命令:	
saveCfg par1 par2 par3 par4	
参数项:	
par1	固定值: 0x45670123
par2	固定值: 0xCDEF89AB
par3	固定值: 0x956128C6
par4	固定值: 0xDF54AC89
响应:	
Done	命令执行成功
Error	命令执行失败 (无参数需要保存时, 命令将执行失败)
例子:	
保存配置参数到不掉电丢失存储器中	saveCfg 0x45670123 0xCDEF89AB 0x956128C6 0xDF54AC89

### 3.11 恢复出厂设置

描述:	
■ 将传感器当前配置参数值, 恢复到出厂的默认值。	
命令:	
factoryReset par1 par2 par3 par4	
参数项:	
par1	固定值: 0x45670123
par2	固定值: 0xCDEF89AB
par3	固定值: 0x956128C6
par4	固定值: 0xDF54AC89
响应:	

Done	命令执行成功
Error	命令执行失败
例子:	
配置参数恢复到出厂默认值	factoryReset 0x45670123 0xCDEF89AB 0x956128C6 0xDF54AC89

### 3.12 配置传感器性能参数

传感器性能参数配置主要配置毫米波前端射频参数，数字后端参数，算法参数，用于适配多项传感器性能参数，不同应用场景用相同型号传感器胜任，极大提高传感器的灵活性。

注：传感器性能参数配置涉及射频和算法部分，有毫米波理论依据，配置出错，容易引起传感器死机。因此暂未对外开放，有不同性能参数需求的，请详询我司。

## 4. 关于外壳说明

### 4.1 外壳要求

毫米波传感器天线一般需要通过外壳保护，使其免受环境影响。为使加装的外壳尽可能对电磁波信号影响小，选择或设计外壳时，需要遵循如下原则：

- (1) 外壳与毫米波传感器天线距离 $\geq 6.2\text{mm}$ （不满足外壳设计原则时，请实测验证）；
- (2) 外壳材料为 PC 或 ABS 时，外壳厚度约 3~4mm 最合适；
- (3) 外壳材料中不能含金属材质、金属喷漆、碳粉颗粒等；
- (4) 外壳应该是等厚均匀平板结构；
- (5) 避免外壳相对于毫米波传感器天线有振动存在；

用户选择的现有外壳，在不满足设计原则时，应进行实际测试验证，验证选择的“外壳-天线距离”、“外壳厚度”“外壳材质”、“小范围不等厚的外壳”对传感器性能的影响。即使有小的影响，性能和功能同样满足需求，则仍然可以使用选择的外壳。

如果用户需要设计外壳或者更详细的了解外壳与毫米波传感器的关系，可参考“外壳设计原则”章节

### 4.2 外壳设计原则

不符合要求的外壳，可能会使外壳对电磁波反射增大、电磁波穿透外壳时衰减增大、不平整的壳面使天线方向图畸变。对毫米波传感器的性能产生重要影响，甚至导致功能不能正常使用。

外壳的设计，要求壳体为相同厚度的均匀材料，同时有“厚度”，“距离”，“材质”三个重要影响因素。

#### 4.2.1 外壳厚度

毫米波在材料中的波长 $\lambda_m$ ，对外壳厚度起着重要影响。 $\lambda_m$ 比毫米波在空气中波长 $\lambda_0$ 要短， $\lambda_m$ 计算步骤如下：

$$\lambda_0 = \frac{c_0}{f_c} \quad (1)$$

$$\lambda_0 = \frac{3 * 10^8 \text{m/s}}{24.125 \text{GHz}} = 12.4 \text{mm} \quad (2)$$

注： $f_c$ 为电磁波频率 24.125GHz， $c_0$ 为光速 $3 * 10^8 \text{m/s}$ ， $\lambda_0$ 为 24.125GHz 的电磁波在空气中的波长

$$\lambda_m = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

注： $\epsilon_r$ 为外壳材料在 24.125GHz 频率下的介电常数

当外壳的厚度 $T_D$ 满足公式（4）时，外壳可以看做对毫米波“透明”，即对电磁波信号无衰减。

$$T_D = n * \frac{\lambda_m}{2}$$



$$T_D = n * \frac{\lambda_0}{2\sqrt{\epsilon_r}} \quad (4)$$

假设使用 PC 材料，其介电常数为 2.9，n 一般取 1，则计算的外壳厚度 $T_D$ 为：

$$T_D = 1 * \frac{12.4}{2\sqrt{2.9}} = 3.64\text{mm}$$

#### 4.2.2 外壳与天线距离

外壳与毫米波传感器天线之间的合理距离，可以大大减少由外壳引起的反射影响。如果外壳反射的回波在天线处与发射波同相，则反射影响最小，即外壳与天线间距 $d_m = 0.5 * \lambda_0$

$$d_m = 0.5 * \lambda_0 = 0.5 * 12.4\text{mm} = 6.2\text{mm}$$

注：应避免距离 $<6.2\text{mm}$ ，距离必须 $>6.2\text{mm}$

#### 4.2.3 外壳材料

外壳材料中不能含有金属材质、金属喷漆、碳粉颗粒等；为了计算最佳厚度，应知道介电常数 $\epsilon_r$ 。为降低电磁波的衰减，应选择低损耗正切角 $\tan \delta$ 的材料。材料的 $\epsilon_r$ 和 $\tan \delta$ 随频率变化而变化，在较高频率下， $\epsilon_r$ 值通常会略低。毫米波传感器常用外壳材料在 24GHz 的参数如表 4.1 所示。

表 4.1 毫米波传感器外壳常用材料

材料	介电常数 $\epsilon_r$	损耗正切角 $\tan \delta$
PC (聚碳酸酯)	2.9	0.012
ABS (丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物)	2.0 - 3.5	0.00500 - 0.0190
PBT (聚对苯二甲酸丁二醇酯)	3	$>0.002$
PEEK (聚醚醚酮)	3.23	0.0048
Teflon PTFE (特氟龙: 聚四氟乙烯)	2	$<0.0002$
Plexiglass (有机玻璃)	2.6	0.009
Glass Corning 7059 (康宁 7059: 玻璃)	5.75	0.003
Ceramics Alumina 98% (98% 矾土: 陶瓷)	9.8	0.0005
PE (聚乙烯)	2.3	0.0003

## 5. 常见问题

### (1) 执行指令，返回“Error”的原因？

命令执行失败，一般是由于命令字符串的参数不正确、参数个数少于或者多余命令需要的参数个数、或传感器正在运行的状态（未停止却在配置参数），其他原因则详见相应命令部分描述。

### (2) 为什么不同天线的 HS2xxA 毫米波传感器检测距离和角度范围不同？

HS2xxA 系列毫米波传感器采用平面微带天线，电磁波信号通过天线向空间二维区域发射，天线发射角度越窄，能量越集中，则更远的物体更能够被照射到足够强的信号能力，从而被检测出。

因此，选择天线角度越窄的传感器，检测距离越远，但是检测区域的角度也越窄；选择天线角度越宽的传感器，检测距离相对越近，但是检测区域的角度也越宽。

### (3) 为什么同一个毫米波传感器，被检测物体不同，最远可检测距离也不同？

在毫米波传感器检测方程理论中，RCS 是方程中比较重要的一个物理量，RCS（雷达散射截面）是度量物体在电磁波照射下所产生回波强度的一种物理量。

当只有“检测距离”和“物体 RCS”为变量时，则检测距离与物体 RCS 成 4 次方比例关系：“检测距离 $\propto \sqrt[4]{RCS}$ ”。因此，物体反射回波强度越强，检测距离则越远。车辆的反射回波比人体反射回波强，所以对于相同传感器，检测车辆的最远距离则会比检测人的最远距离远几倍；大人反射回波比小孩反射回波强，检测大人的最远距离则会比检测小孩的最远距离远。

### (4) 多径会如何影响毫米波传感器？

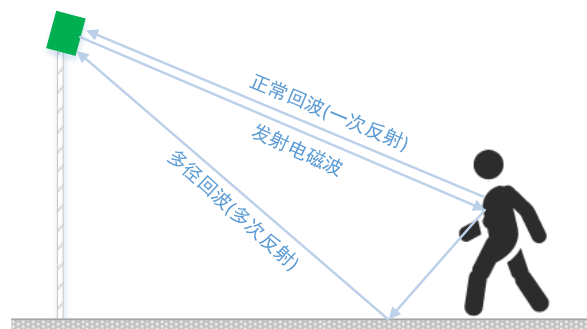


图 5.1 多径路径反射电磁波示意图

多径：传感器接收的电磁波除正常反射波（一次反射波）之外，还有正常目标和其他障碍物的多次反射波。

多径的回波对毫米波传感器的影响主要有虚假目标出现、接收信号衰落等。

## 6. 注意事项

1. 请勿触摸毫米波传感器天线，以免污损，腐蚀天线，影响检测性能；
2. 串口、I/O 请勿热插拔；
3. 确保供电电压稳定，纹波小，且在正常的 3.6~5.5V 范围之内；
4. 生产保存过程中，请注意静电防护；

## 7. 免责声明

使用本文档描述的产品前，请仔细阅读本声明。一旦使用，即被视为对本声明内容的认可和接受。

客户在应用毫米波人体感应传感器时，依据本文档描述的产品特性、性能和功能等，必须根据自己的应用，重新测试，确认满足客户应用需求。如因使用不当，造成的损害或损伤，成都阶跃时进科技有限公司不承担相应的损失及赔偿责任。

本产品因不断更新迭代，文档可能在未经通知的情况下有变更，恕不另行通知，请在应用时通过适当的渠道确认资料的更新情况以及勘误信息，敬请谅解，最终解释权归成都阶跃时进科技有限公司所有。

## 8. 版权说明

本文档涉及的硬件、软件、资料等皆为成都阶跃时进科技有限公司所有，公司保留一切权利。修改本文档的权利、本文档所陈述的产品及相关版权均属成都阶跃时进科技有限公司所有，其产权受国家法律绝对保护，未经本公司授权，其它公司、单位、代理商及个人不得非法使用和拷贝。

## 参考文档

- [1] HS2xxA 产品说明书