



深圳市海凌科电子有限公司

HLK-LD2420 用户手册

目 录

| | |
|-------------------------|----|
| 1. 产品简介 | 1 |
| 1.1. 主要特性 | 1 |
| 1.2. 应用场景 | 2 |
| 2. 系统描述 | 2 |
| 3. 硬件说明 | 4 |
| 4. 软件说明 | 5 |
| 4.1. 固件配置 | 5 |
| 4.2. 上位机使用 | 6 |
| 4.2.1. 参数设置 | 6 |
| 4.2.2. 实时数据 | 9 |
| 4.2.3. 数据采集/分析 | 10 |
| 4.2.4. 更新固件 | 12 |
| 5. 通信协议 | 13 |
| 5.1. 协议格式 | 13 |
| 5.1.1. 协议数据格式 | 13 |
| 5.1.2. 命令协议帧格式 | 14 |
| 5.2. 发送命令与 ACK | 14 |
| 5.2.1. 读取固件版本命令 | 14 |
| 5.2.2. 使能配置命令 | 14 |
| 5.2.3. 结束配置命令 | 15 |
| 5.2.4. 读取序列号命令 | 15 |
| 5.2.5. 写入序列号命令 | 16 |
| 5.2.6. 读取雷达寄存器命令 | 16 |
| 5.2.7. 配置雷达寄存器命令 | 16 |
| 5.2.8. 读取雷达参数配置命令 | 17 |

| | |
|-------------------------|-----------|
| 5.2.9. 配置雷达参数命令 | 17 |
| 5.2.10. 配置系统参数命令 | 18 |
| 5.3. 雷达上报数据 | 18 |
| 6. 安装与探测范围 | 20 |
| 6.1. 挂顶安装 | 20 |
| 6.2. 挂壁安装 | 21 |
| 6.3. 探测范围测试 | 22 |
| 7. 机械尺寸 | 23 |
| 8. 安装说明 | 23 |
| 9. 注意事项 | 24 |
| 10. 版本历史 | 25 |
| 重要声明 | 26 |

1. 产品简介

HLK-LD2420 是海凌科一款高性能 24 GHz 一发一收天线的雷达模块。其人体感应算法采用毫米波雷达距离测量技术和 S3 系列芯片先进的专有信号处理技术，实现对运动、微动和站立人体的精确感知。

HLK-LD2420 主要应用在室内场景感知区域内是否有运动或者微动的人体，实时刷新检测结果。它对运动人体的最远感应距离为 8 m，可轻松配置感应距离范围、不同区间的感应灵敏度及刷新时间，支持 GPIO 和 UART 接口，即插即用，灵活应用于不同的智能场景和终端产品。

1.1. 主要特性

- 搭载单芯片智能毫米波传感器 SoC 和智能算法固件
- 超小模组尺寸：20 mm × 20 mm
- 加载默认人体感应配置，即插即用
- 24 GHz ISM 频段，可通过 FCC、CE、无委会频谱法规认证
- 3.3 V 电源供电，支持 3.0 V ~ 3.6 V 宽电压范围
- 平均工作电流 50 mA
- 探测目标为运动、微动人体
- 实时上报探测结果
- 提供可视化工具，支持配置探测距离区间、分区间设置灵敏度和结果上报时间
- 支持感应范围划分，完全屏蔽区间外任何干扰
- 近距离 0.2 m 感应，无检测盲区
- 运动人体感应最远距离 8 m
- 探测角度大，覆盖范围达到 ±60°
- 支持挂顶、挂壁等多种安装方式
- 触发和保持状态独立配置，抗干扰能力强

1.2. 应用场景

HLK-LD2420 人体感应传感器可对运动、站立和静止人体进行探测、识别，广泛应用于各种 AIoT 场景，涵盖以下类型：

智能家居

感知人体的存在和距离，上报检测结果，以供主控模组智能控制家电运行。

智能商业

在设置的距离区间内识别人体接近或远离；及时点亮屏幕，在人体存在状态下保持设备长亮。

智慧安防

感应门禁、楼宇对讲机、电子猫眼等。

智慧照明

识别和感知人体，精确位置检测，可用于公共场所照明设备(感应灯、球泡灯等)。

2. 系统描述

HLK-LD2420 是基于海凌科 S3 系列毫米波传感器芯片研发的智能精确人体感应传感器。传感器采用 FMCW 调频连续波，结合雷达信号处理、内置智能人体感应算法，对设定空间内的人体目标进行探测并实时更新探测结果。使用海凌科智能毫米波传感器参考方案，用户可快速开发自己的精确人体感应产品。

HLK-LD2420 硬件部分主要由全集成的海凌科智能毫米波传感器 SoC、24 GHz 一发一收天线和主控 MCU 所构成；软件部分搭配海凌科发布的固件和可视化配置工具，实现可灵活配置感应距离、灵敏度和上报时间的人体感应功能。

HLK-LD2420 规格参数如表 2-1 所示。

| 参数 | 备注 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 |
|-------------|-------------------|-----|---------|-------|-----------------|
| 硬件规格 | | | | | |
| 支持频段 | 符合 FCC、CE、无委会认证标准 | 24 | - | 24.25 | GHz |
| 支持最大扫频带宽 | | - | 0.25 | - | GHz |
| 最大等效全向辐射功率 | | - | 11 | - | dBm |
| 供电电压 | | 3.0 | 3.3 | 3.6 | V |
| 尺寸 | | - | 20 × 20 | - | mm ² |
| 环境温度 | | -40 | - | 85 | ° C |
| 系统性能 | | | | | |
| 距离探测范围(挂壁) | 运动人体目标 | - | 8 | - | m |
| | 微动人体目标 | - | 6 | - | m |
| 距离探测范围(挂顶) | 运动人体目标(直径) | - | 5 | - | m |
| | 微动人体目标(直径) | - | 4 | - | m |
| 距离探测精度 | 距雷达直线距离 8m 内的运动目标 | - | ±0.35 | - | m |
| 平均工作电流 | | - | 50 | - | mA |
| 数据刷新率 | | - | 10 | - | Hz |

3. 硬件说明

下图为模块的正反面照片。模块预留 5 个插针孔(出厂不配插针)称为 J2，用于供电和通信；J1 为 SWD 接口，用于 MCU 程序烧录与调试。

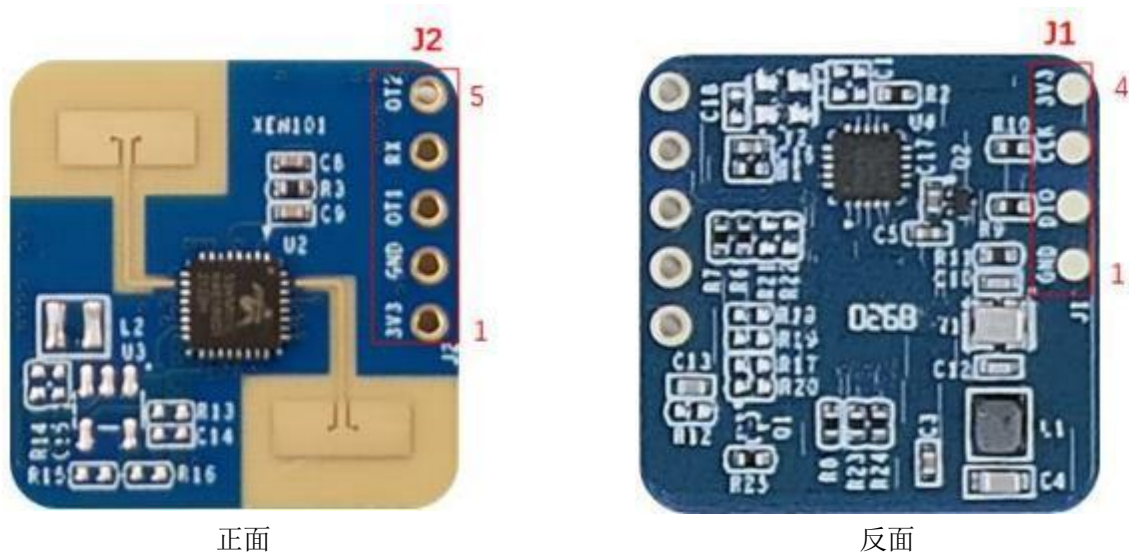


图 3-1 模块正面与反面实物图

表 3-1 J1 引脚说明

| J#PIN# | 名称 | 功能 | 说明 |
|--------|-----|-----------|--------------------------|
| J1Pin1 | GND | 接地 | - |
| J1Pin2 | DIO | SWD 接口数据线 | 0 ~ 3.3 V |
| J1Pin3 | CLK | SWD 接口时钟线 | 0 ~ 3.3 V |
| J1Pin4 | 3V3 | 电源输入 | 3.0 V ~ 3.6 V, Typ. 3.3V |

表 3-2 J2 引脚说明

| J#PIN# | 名称 | 功能 | 说明 |
|--------|-----|-------------------------------|---------------------------|
| J2Pin1 | 3V3 | 电源输入 | 3.0 V ~ 3.6 V, Typ. 3.3 V |
| J2Pin2 | GND | 接地 | - |
| J2Pin3 | OT1 | UART_TX | 0 ~ 3.3 V |
| J2Pin4 | RX | UART_RX | 0 ~ 3.3 V |
| J2Pin5 | OT2 | I/O, 用于上报检测状态: 高电平为有人, 低电平为无人 | 0 ~ 3.3 V |

说明: J1、J2 接口引脚间距 2.54 mm。

4. 软件说明

本章介绍 HLK-LD2420 的固件调试和上位机工具的使用。

HLK-LD2420 出厂已烧录系统固件，固件版本详见模组外包装。海凌科提供针对 HLK-LD2420 硬件的可视化上位机配置工具软件，方便开发者根据使用场景对 HLK-LD2420 进行参数配置，优化感应效果。

4.1. 固件配置

本节介绍 HLK-LD2420 雷达模组固件的调试方式。

步骤一、通过 USB 转 TTL 串口转接板连接上位机和雷达模组，引脚连接方式如表 4-1 和图 4-1 所示。

表 4-1 雷达与 USB 串口转接板连接时引脚的对应关系

| 雷达模组 | 串口转接板 |
|------|-------|
| RX | TXD |
| O_T1 | RXD |
| 3V3 | VCCIO |
| GND | GND |

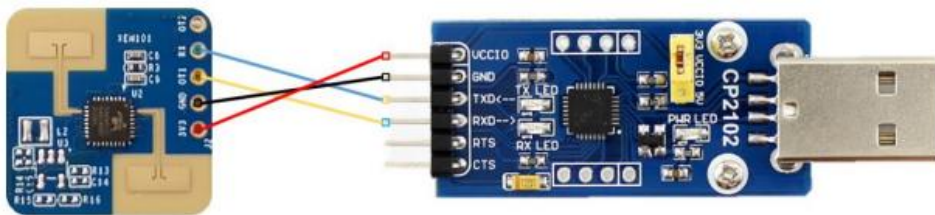


图 4-1 HLK-LD2420 硬件与 USB 串口转接板的连接方式

步骤二、打开上位机的设备管理器，查看雷达模组所在串口的串口号。

步骤三、打开串口工具，选择雷达模组的串口号，设置串口波特率为 115200，然后点击“打开串口”按钮即可在工具界面的输出端查看当前雷达的检测结果。

4.2. 上位机使用

本节介绍 HLK-LD2420 模组配套的上位机工具的使用，以帮助用户理解相关参数的含义，及相关参数的获取方法。

步骤一、从海凌科官网获取 HLK-LD2420 配套的上位机工具“HLK-2420_TOOL.exe”。

步骤二、根据图 4-1 的方式，使用串口转接板连接雷达模组和上位机。

步骤三、打开上位机工具，选择雷达模组的串口号，输入波特率 115200，点击“连接设备”按钮便可以对参数进行读写(注意：串口工具和上位机工具不能同时使用)。

4.2.1. 参数设置

上位机工具界面如图 4-2 所示。



图 4-2 HLK-LD2420_Tool 界面



图 4-3 设备连接后

上位机工具界面涉及的参数解释详见表 4-2。

表 4-2 上位机工具界面的参数解释

| 参数名称 | 解释 | 参数范围 |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 最小距离 | 用于设置雷达检测的最小距离门。 距离门的分辨率是 70 cm。 | 0~15 |
| 最大距离 | 用于设置雷达检测的最大距离门。 距离门的分辨率是 70 cm。 | 0~15 (需不小于最小距离) |
| 目标消失延迟时间 | 目标状态从有人切换到无人需要延时一段时间 T: 在此期间, 如果检测到有人, 重新开启这段时间的计时。雷达只有在检测到无人状态一直持续一个完整的 T 时间后才会切换到无人状态, 上报无人。 | (对应上位机设置) 0-90 (对应串口配置) 0~100000000 |
| 触发门限 | 用于设置无人到有人状态的灵敏度, 建议设置在能量的 5 倍以上。 能量扫描及数据查看请参考 4.2.2 和 4.2.3。 | (对应上位机设置) 0-90 (对应串口配置) 0~100000000 |
| 保持门限 | 用于检测人体微动和保持有人状态的灵敏度, 建议设置在底噪的 2~5 倍。 能量的扫描及数据查看请参考 4.2.2 和 4.2.3。 | (对应上位机设置) 0-90 (对应串口配置) 0~100000000 |

门限参数说明： 假设 N 为上位机配置的参数，M 为串口配置的参数，对于上位机和串口设置

的参数转换关系是 $N = (10 * \log_{10} M)$ $M = 10^{\frac{N}{10}}$ ，例如串口配置距离门 0 门限值为 65536，对应上位机为 $(10 * \log_{10} 65536) \approx 48.16$ 。例如上位机设置的参数为 70，对应串口配置参数为 $10^{\frac{70}{10}} \approx 10000000$ ，指令转换 16 进制，小端在前就为：***0x80969800***

4.2.2 实时数据

上位机“实时数据”页面如图 4-4 所示，其功能页面介绍如下：

- 左上角的彩灯图标表示探测区域内有人/无人情况：雷达检测到人体存在时，彩灯为红色；没有检测到人体存在时，彩灯为绿色；
- 彩灯后方的文本显示框显示雷达检测到的目标人体与雷达的径向距离；
- “开始/暂停”切换按钮用于开启和暂停雷达的检测；
- “生成门限”按钮用于扫描环境噪声并计算各个距离门的“触发门限”和“保持门限”；
- “应用门限”按钮用于将“生成门限”功能中得到的“触发门限”和“保持门限”发送给雷达；
- “相对功率 VS 距离门”折线图用于实时显示各个距离门的运动能量值（绿色折线），触发门限值（红色折线）和保持门限值（黄色折线）；黑色背景表示该距离门为有效探测范围，灰色背景表示该距离门为无效探测范围；
- “距离 VS 时间”折线图用于实时显示雷达检测到的目标人体在过去 60 秒内的距离变化；灰色背景区域表示雷达在该时间段检测到目标人体，黑色背景区域表示雷达在该时间段没有检测到目标人体。

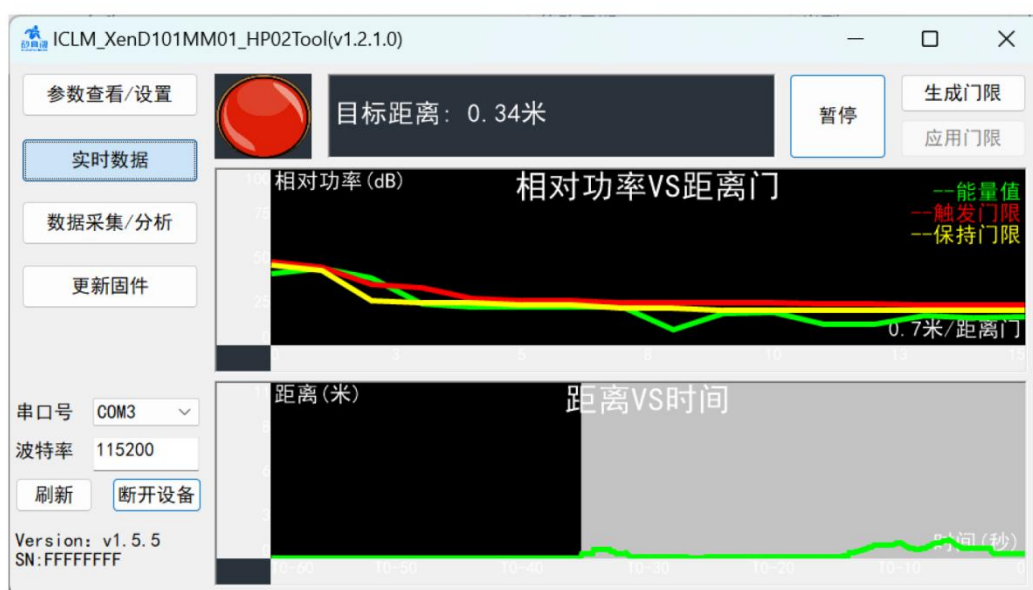


图 4-4 实时数据页面

通过上位机查看实时数据的步骤如下：

步骤一、在连接 HLK-LD2420 模组与上位机工具之后，点击“实时数据”按钮切换至该功能页面，此时上位机工具自动开启雷达的检测功能，“开始/暂停”切换按钮显示“暂停”，上位机功能页面的两个折线图开始显示相应实时数据信息；

步骤二、点击“开始/暂停”切换按钮可暂停雷达的检测功能，功能页面的彩灯变为绿色，目标距离显示“0.00

米”，下方的两个折线图停止更新。

通过上位机生成/应用门限的步骤如下：

步骤一、在“实时数据”页面的“开始/暂停”按钮显示“暂停”时，点击“生成门限”按钮，上位机工具弹出“门限采集”信息窗口，上方的表格实时展示各个距离门的触发能量和保持能量数值，下方的进度条显示扫描进度，如图 4-5 所示；

步骤二、点击“取消”按钮可终止采集；如果用户想要保存并应用采集的数据，待数据采集完成后点击“确定”；

步骤三（可选）、如果步骤二中用户选择了“确定”，则页面上的“应用门限”按钮由灰色的不可点击状态变为可点击状态，点击“应用门限”按钮，上位机工具把步骤二中计算得到的门限数据发送给雷达，并弹出“门限设置成功”的提示窗口。

应用了生成的门限后，用户可以在“参数查看/设置”页面查看最新的雷达门限参数值。

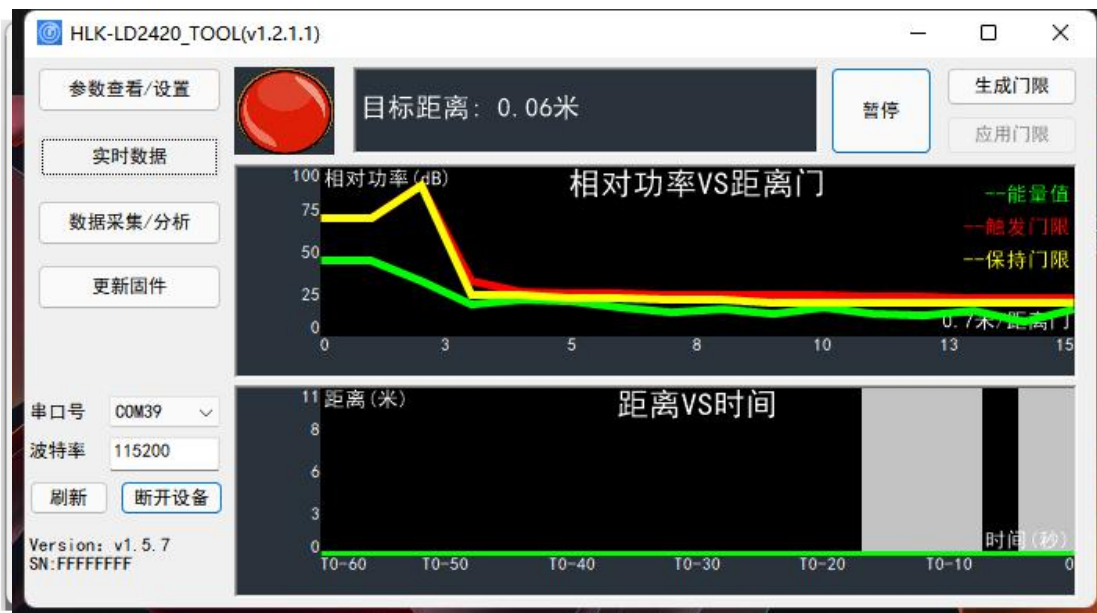


图 4-5 门限采集页面

4.2.3 数据采集/分析

上位机的“数据采集/分析”页面如图 4-6 所示，其功能页面介绍如下：

- “距离门扫描时间 (秒)”：用于设置每个距离门的环境噪声扫描时长，默认 20 s，取值范围为 0~65535；
- “文件保存路径”：用于设置采集到的数据的保存路径；
- “选择显示距离门”：用于选择需查看的距离门，可选范围为 0~15；
- “采集数据/停止采集”切换按钮：用于开始和停止数据采集，停止数据采集后，用户可在设置的文件保存路径下看到文件名以 RadarData 开头、时间戳结尾的.dat 类型文件；
- “载入数据”按钮：用于打开已保存的雷达扫描数据，供用户查看和分析；

- “能量信息”折线图：用于显示用户选择的距离门上的扫描能量值，触发门限，和保持门限，横轴为时间，纵轴为相对功率表示的能量信息；
- “距离信息”折线图：用于显示雷达检测范围内检测到的人体目标的距离信息，横轴为时间，纵轴为距离。



图 4-6 采集/分析数据页面

通过上位机采集能量数据的步骤如下：

- 步骤一、在连接 HLK-LD2420 模组与上位机工具之后，点击“数据采集/分析”功能按钮切换至该功能页面；
- 步骤二、输入“距离门扫描时间”，设置“文件保存路径”²，确保雷达检测范围在一个扫描周期内无人后，点击“采集数据/停止采集”切换按钮，开始采集数据；
- 步骤三、开始采集数据后，用户可以等待上位机工具在扫描完成后自动停止采集，也可以点击“采集数据/停止采集”切换按钮提前停止数据采集；这两种情况下，采集到的数据都会存放在步骤二中设置的文件保存路径下；

通过上位机分析能量数据的步骤如下：

- 步骤一、在连接 HLK-LD2420 模组与上位机工具之后，点击“数据采集/分析”功能按钮切换至该功能页面；
- 步骤二、点击“载入数据”按钮，选择需要查看的数据；
- 步骤三、选择需要查看的距离门，用户即可在两个折线图上看到该数据文件中、该距离门的能量信息和距离信息；
- 步骤四、如需查看曲线上某一点的具体数据，将鼠标光标放在曲线上感兴趣的位置，光标附件会出现悬浮框显示该处的能量值或距离信息，如图 4-7 所示。



图 4-7 数据查看页面

在查看数据时，用户可以对折线图进行缩放、平移和恢复操作：

- 缩放横坐标：鼠标光标放在图形画布上，按下键盘上 Ctrl 键同时滚动鼠标的滚轮可以在横坐标上放大（向上滚动鼠标滚轮）和缩小（向下滚动鼠标滚轮）图形；
- 平移数据图形：鼠标光标放在图形画布上，按下鼠标左键并移动鼠标，可以相应地移动图形，横纵坐标也会同步变化；
- 恢复图形：鼠标光标放在图形画布上，双击鼠标左键可以将图形恢复为默认的显示设置。

4.2.4 更新固件

上位机“更新固件”页面如图 4-8 所示。通过上位机更新雷达模组固件的步骤如下：

步骤一、在连接 HLK-LD2420 模组与上位机工具之后，点击“更新固件”功能按钮切换至该功能页面；

步骤二³、在功能页面点击“获取固件信息”按钮，右侧提示信息框中会显示当前设备的 ID 信息；

步骤三、点击“选择 bin 文件路径”按钮，选择需要的.bin 文件，点击“下载”按钮开始升级固件，右侧提示信息框会实时显示下载结果，下方显示 bin 文件信息和当前的下载进度。

³ 此步骤为必需，用户在使用上位机界面更新固件时不可跳过此步骤。



图 4-8 固件升级页面

固件升级成功后，页面提示信息框中会显示“下载成功！”。固件升级失败时，提示信息框中会显示相应出错信息。

5. 通信协议

本通信协议主要供需脱离可视化工具进行二次开发的用户使用。XenD101MM 通过串口（TTL 电平）与外界通信。雷达的数据输出与参数配置命令均在本协议下进行。雷达串口默认波特率为 115200 1 停止位，无奇偶校验位。

本章主要从三个部分介绍此通信协议：

- 协议格式：包括协议数据格式和命令帧格式；
- 配置命令包格式：包括命令包格式和命令返回包格式；
- 上传数据帧格式：包括调试模式的上传数据帧格式和上报模式的上传数据帧格式。

使用命令进行参数配置的基本流程是：

1. 进入命令模式；
2. 配置参数命令/获取参数命令；
3. 退出命令模式。

5.1 协议格式

5.1.1 协议数据格式

HLK-LD2420 数据通信使用小端格式，以下表格中所有数据均为十六进制。

5.1.2 命令协议帧格式

协议定义的雷达配置命令和 ACK 命令格式如表 5-1 和表 5-3 所示。

表 5-1 发送命令协议帧格式

| 帧头 | 帧内数据长度 | 帧内数据 | 帧尾 |
|-------------|--------|--------|-------------|
| FD FC FB FA | 2 字节 | 见表 5-2 | 04 03 02 01 |

表 5-2 发送帧内数据格式

| | |
|------------|------------|
| 命令字 (2 字节) | 命令值 (N 字节) |
|------------|------------|

表 5-3 ACK 命令协议帧格式

| 帧头 | 帧内数据长度 | 帧内数据 | 帧尾 |
|-------------|--------|--------|-------------|
| FD FC FB FA | 2 字节 | 见表 5-4 | 04 03 02 01 |

表 5-4 ACK 帧内数据格式

| | | |
|--------------|---------------|------------|
| 发送命令字 (2 字节) | 命令执行状态 (2 字节) | 返回值 (N 字节) |
|--------------|---------------|------------|

5.2 发送命令与 ACK

5.2.1 读取固件版本命令

此命令读取雷达固件版本信息。

命令字: 0x0000

命令值: 无

返回值: 版本号长度 (2 字节) + 版本号字节串

发送数据:

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9 ~ 12 |
|-------------|-----------|-----------|-------------|
| FD FC FB FA | 02 00 | 00 00 | 04 03 02 01 |

雷达 ACK(成功):

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9, 10 | Byte 11, 12 | Byte 13~18 | Byte 19 ~ 24 |
|-------------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------------|--------------|
| FD FC FB FA | 0C 00 | 00 01 | 00 00 | 06 00 | 76 31 2E 35 2E 35 | 04 03 02 01 |

5.2.2 使能配置命令

对雷达下发的任何其他命令必须在此命令下发后方可执行, 否则无效。

命令字: 0x00FF

命令值: 0x0001

返回值: 2 字节 ACK 状态 (0 成功, 1 失败) + 2 字节协议版本 (0x0002) + 2 字节缓冲区大小 (0x0020)

发送数据:

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9, 10 | Byte 11 ~ 14 |
|-------------|-----------|-----------|------------|--------------|
| FD FC FB FA | 04 00 | FF 00 | 01 00 | 04 03 02 01 |

雷达 ACK(成功):

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9, 10 | Byte 11, 12 | Byte 13, 14 | Byte 15 ~ 18 |
|-------------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|--------------|
| FD FC FB FA | 08 00 | FF 01 | 00 00 | 02 00 | 20 00 | 04 03 02 01 |

5.2.3 结束配置命令

结束配置命令，执行后雷达恢复工作模式。如需再次下发其他命令，需要先发送使能配置命令。

命令字: 0x00FE

命令值: 无

返回值: 2 字节 ACK 状态 (0 成功, 1 失败)

发送数据:

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9 ~ 12 |
|-------------|-----------|-----------|-------------|
| FD FC FB FA | 02 00 | FE 00 | 04 03 02 01 |

雷达 ACK(成功):

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9, 10 | Byte 11 ~ 14 |
|-------------|-----------|-----------|------------|--------------|
| FD FC FB FA | 04 00 | FE 01 | 00 00 | 04 03 02 01 |

5.2.4 读取序列号命令

此命令读取雷达的序列号。

命令字: 0x0011

命令值: 无

返回值: 2 字节 ACK 状态 (0 成功, 1 失败)

发送数据:

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9 ~ 12 |
|-------------|-----------|-----------|-------------|
| FD FC FB FA | 02 00 | 11 00 | 04 03 02 01 |

雷达 ACK(成功):

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9, 10 | Byte 11, 12 | Byte 13, 14 | Byte 15 ~ 18 |
|-------------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|--------------|
| FD FC FB FA | 08 00 | 11 01 | 00 00 | 02 00 | CD AB | 04 03 02 01 |

5.2.5 写入序列号命令

此命令写入雷达的序列号。

命令字：0x0010

命令值：SN 长度（2 字节）+ SN 字节串

返回值：2 字节 ACK 状态（0 成功，1 失败）

发送数据：（示例）

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9~12 | Byte 9 ~ 12 |
|-------------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| FD FC FB FA | 06 00 | 10 00 | 02 00 CD AB | 04 03 02 01 |

雷达 ACK(成功):

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9, 10 | Byte 11 ~ 14 |
|-------------|-----------|-----------|------------|--------------|
| FD FC FB FA | 04 00 | 10 01 | 00 00 | 04 03 02 01 |

5.2.6 读取雷达寄存器命令

此命令读取雷达的寄存器。

命令字：0x0002

命令值：2 字节芯片地址 + (2 字节地址) * N

返回值：(2 字节数据) * N

发送数据:

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9 ~ 12 | Byte 13 ~ 16 |
|-------------|-----------|-----------|-------------|--------------|
| FD FC FB FA | 06 00 | 02 00 | 40 00 40 00 | 04 03 02 01 |

雷达 ACK(成功):

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9, 10 | Byte 11, 12 | Byte 13 ~ 16 |
|-------------|-----------|-----------|------------|-------------|--------------|
| FD FC FB FA | 06 00 | 02 01 | 00 00 | 07 02 | 04 03 02 01 |

5.2.7 配置雷达寄存器命令

此命令写入雷达的寄存器。

命令字：0x0001

命令值：2 字节芯片地址 + (2 字节地址) * N

返回值：2 字节 ACK 状态（0 成功，1 失败）

发送数据:

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9, 10 | Byte 11 ~ 14 | Byte 15 ~ 18 |
|-------------|-----------|-----------|------------|--------------|--------------|
| FD FC FB FA | 08 00 | 01 00 | 40 00 | 40 00 07 42 | 04 03 02 01 |

雷达 ACK(成功):

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9, 10 | Byte 11 ~ 14 |
|-------------|-----------|-----------|------------|--------------|
| FD FC FB FA | 04 00 | 01 01 | 00 00 | 04 03 02 01 |

5.2.8 读取雷达参数配置命令

此命令可以读取雷达当前的配置参数。

命令字: 0x0008

命令值: (2 字节参数 ID) * N

返回值: (4 字节参数值) * N

发送数据: (示例)

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9, 10 | Byte 11 ~ 14 |
|-------------|-----------|-----------|------------|--------------|
| FD FC FB FA | 04 00 | 08 00 | 01 00 | 04 03 02 01 |

雷达 ACK: (成功, 最大距离门 12)

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9, 10 | Byte 11 ~ 14 | Byte 15 ~ 18 |
|-------------|-----------|-----------|------------|--------------|--------------|
| FD FC FB FA | 08 00 | 08 01 | 00 00 | 0C 00 00 00 | 04 03 02 01 |

5.2.9 配置雷达参数命令

此命令设置雷达模组的参数。具体参数字请参考表 5-5。

表 5-5 协议参数表

| 参数名称 | 参数字 | 参数范围 |
|--------|-----------------|------------------|
| 最小距离门 | 0x0000 | 0~15 |
| 最大距离门 | 0x0001 | 0~15 |
| 目标消失延迟 | 0x0004 | 0~65535 单位秒 |
| 触发门限 | 0x0010 ~ 0x001F | 0~232 - 1, 为模值平方 |
| 保持门限 | 0x0020 ~ 0x002F | 0~232 - 1, 为模值平方 |

命令字: 0x0007

命令值: (2 字节参数 ID + 4 字节参数值) * N

返回值: 2 字节 ACK 状态 (0 成功, 1 失败)

发送数据: 最大距离门 12, 最小距离门 2

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9, 10 | Byte 11, 12 | Byte 13, 14 | Byte 15 ~ 18 |
|-------------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|--------------|
| FD FC FB FA | 08 00 | 07 00 | 01 00 | 12 00 | 00 00 | 04 03 02 01 |

雷达 ACK (成功) :

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9, 10 | Byte 11 ~ 14 |
|-------------|-----------|-----------|------------|--------------|
| FD FC FB FA | 04 00 | 07 01 | 00 00 | 04 03 02 01 |

5.2.10 配置系统参数命令

此命令可以配置雷达系统参数。

命令字: 0x0012

命令值: (2 字节参数 ID + 4 字节参数值) * N

返回值: 2 字节 ACK 状态 (0 成功, 1 失败)

发送数据:

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9, 10 | Byte 11 ~ 14 | Byte 15 ~ 18 |
|-------------|-----------|-----------|------------|--------------|--------------|
| FD FC FB FA | 08 00 | 12 00 | 00 00 | 04 00 00 00 | 04 03 02 01 |

雷达 ACK (成功) :

| Byte 1 ~ 4 | Byte 5, 6 | Byte 7, 8 | Byte 9, 10 | Byte 11 ~ 14 |
|-------------|-----------|-----------|------------|--------------|
| FD FC FB FA | 04 00 | 12 01 | 00 00 | 04 03 02 01 |

5.3 雷达上报数据

HLK-LD2420 出厂固件正常的工作模式通过串口输出检测结果,输出的结果是 ON/OFF 的字符串及目标距离门。在特殊的模式下,上位机会获取雷达处理过程中的数据,因此在命令行模式下固件提供额外的两种传输格式,分别为调试模式和上报模式。

在命令行模式中,通过调整命令包中的工作模式参数,可控制串口上报的数据格式。图 5-1 展示了一个命令包示例。



图 5-1 命令包格式示例

在该命令包中,命令参数的参数值可决定雷达的工作模式: 0x0000 为调试模式, 0x0004 为上报模式, 0x0064 为正常模式。

表 5-6 展示了调试模式的数据帧格式。调试模式下传出的 RDMAP 模值数据,按照每个 chirp 的所有距离门的数据进行发送,即先发送第 1 个 chirp 的 16 个距离门的模值数据,再发送第 2 个 chirp 的 16 个距离门的模值数据,以此类推。

表 5-6 调试模式的数据帧格式

| 帧头 | 数据 | 帧尾 |
|----------------|---------------------------------------|----------------|
| AA, BF, 10, 14 | RDMAP: 20 (多普勒) * 16 (距离门) * 4 (模值平方) | FD, FC, FB, FA |

表 5-7 上报模式的数据帧格式

| 帧头 | 长度 | 检测结果 | 目标距离 | 各距离门能量值 | 帧尾 |
|----------------|------------------------------|-------------------------|------|-------------------------------|----------------|
| F4, F3, F2, F1 | 2 字节, 检测结果、目标距离和各距离门能量值的总字节数 | 1 字节, 00 无人 01 有人 | 2 字节 | 32 字节 16 (距离门总数) * 2 字节 | F8, F7, F6, F5 |

图 5-2 展示了上报模式时串口传出一帧数据帧示例。

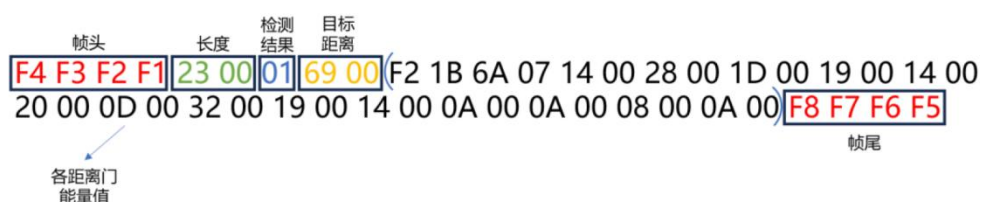


图 5-2 上报模式的数据帧示例

示例中，各部分数据含义如下：

长度字段：表示上报检测结果+目标距离+各距离门能量值所占的总字节数；

检测结果：表示当前场景中是否有目标；

目标距离：表示场景中目标相距雷达的距离；

各距离门能量值：表示从 0~15 距离门，每个距离门的能量值大小。

因此图 2 中数据帧解析举例如下：

长度：0023，表示上报检测结果+目标距离+各距离门能量值所占的总字节数 = 35

检测结果：01，表示当前检测到场景中有人

目标距离：0069，表示目标距离 = 105 cm

各距离门能量值：

距离门 0 能量 = 1BF2

距离门 5 能量 = 0019

距离门 1 能量 = 076A

距离门 6 能量 = 0014

距离门 2 能量 = 0014

距离门 7 能量 = 0020

距离门 3 能量 = 0028

距离门 8 能量 = 000D

距离门 4 能量 = 001D

距离门 9 能量 = 0032

距离门 10 能量 = 0019

距离门 13 能量 = 000A

距离门 11 能量 = 0014

距离门 14 能量 = 0008

距离门 12 能量 = 000A

距离门 15 能量 = 000A

6. 安装与探测范围

HLK-LD2420 支持挂顶和挂壁两种安装方式，推荐的方式为挂顶安装。

雷达的方位如图 5-1 所示。其中，Y 轴方向为 0° ，X 轴方向为 90° ，Z 轴垂直于 X-Y 平面(也叫法线方向)。

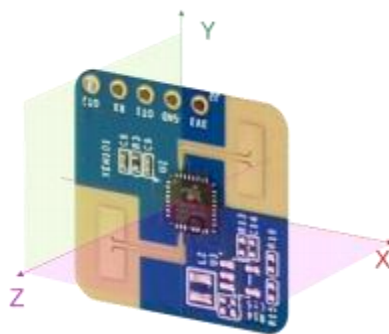


图 5-1 雷达模组方位示意图

6.1. 挂顶安装

推荐挂顶安装高度为 $2.7\sim 3\text{ m}$ 。挂顶安装的 HLK-LD2420 雷达模组在默认配置下最大运动感应范围为底部半径为 5m 的圆锥形立体空间，如图 5-2 所示。

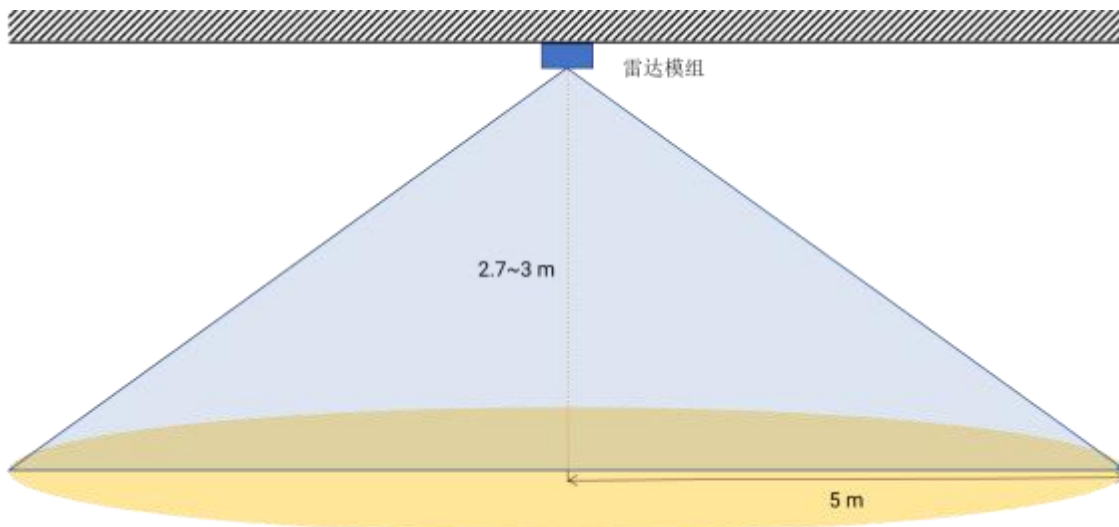
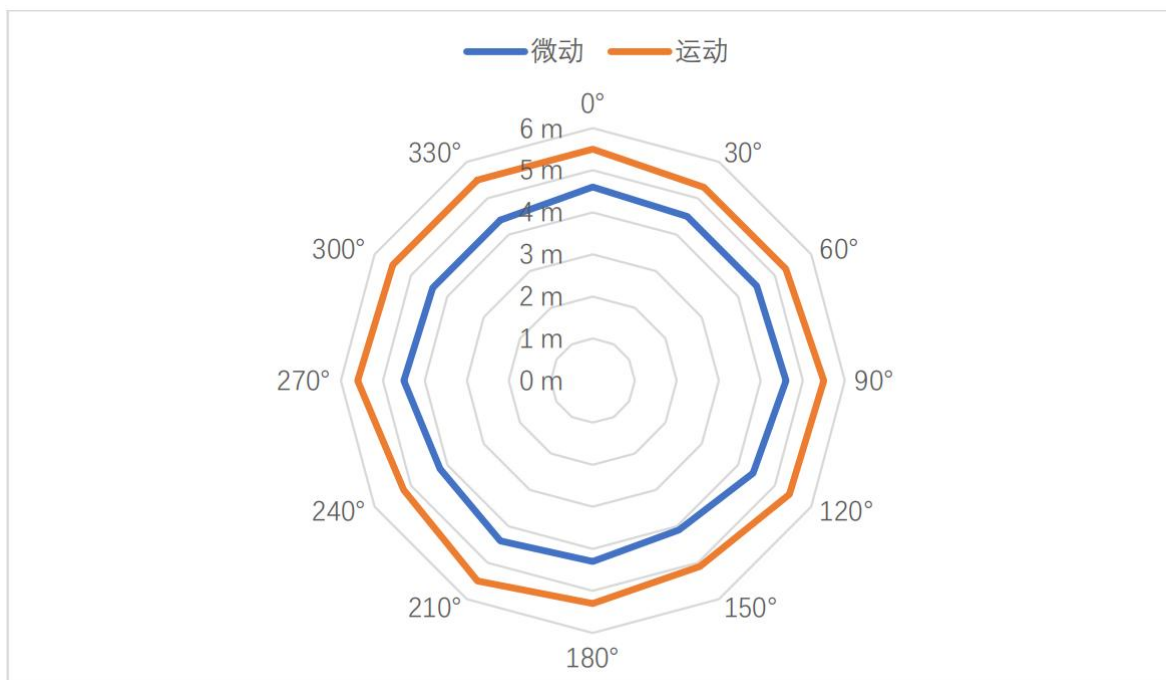


图 5-2 HLK-LD2420 雷达模组检测范围示意图 (挂顶)

挂顶安装高度为 2.7m 时本参考方案的运动和微动检测范围示意图如图 5-3 所示。



5-3 挂顶安装感应范围

6.2. 挂壁安装

推荐挂壁安装高度为 1.5~2 m。挂壁安装时，雷达模组的 X 轴(参考图 5-1)指向水平方向，Y 轴向上，Z 轴指向检测区域。挂壁安装的 HLK-LD2420 雷达模组在默认配置下最大运动感应范围为半径 8 m、水平和俯仰方向夹角 $\pm 60^\circ$ 的立体扇形空间，如图 5-4 所示。

挂壁安装高度为 1.5 m 时本参考方案的探测范围示意图如图 5-5 所示。

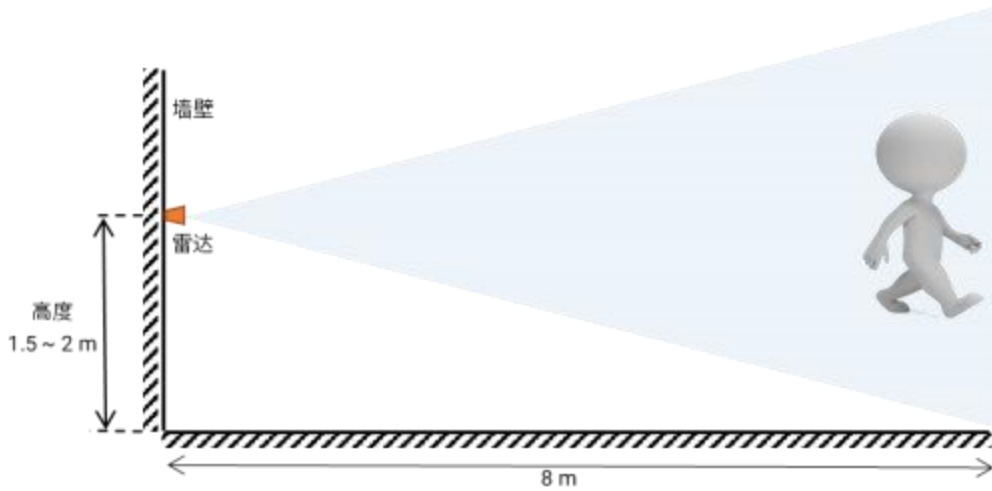


图 5-4 HLK-LD2420 雷达模组检测范围示意图(挂壁)

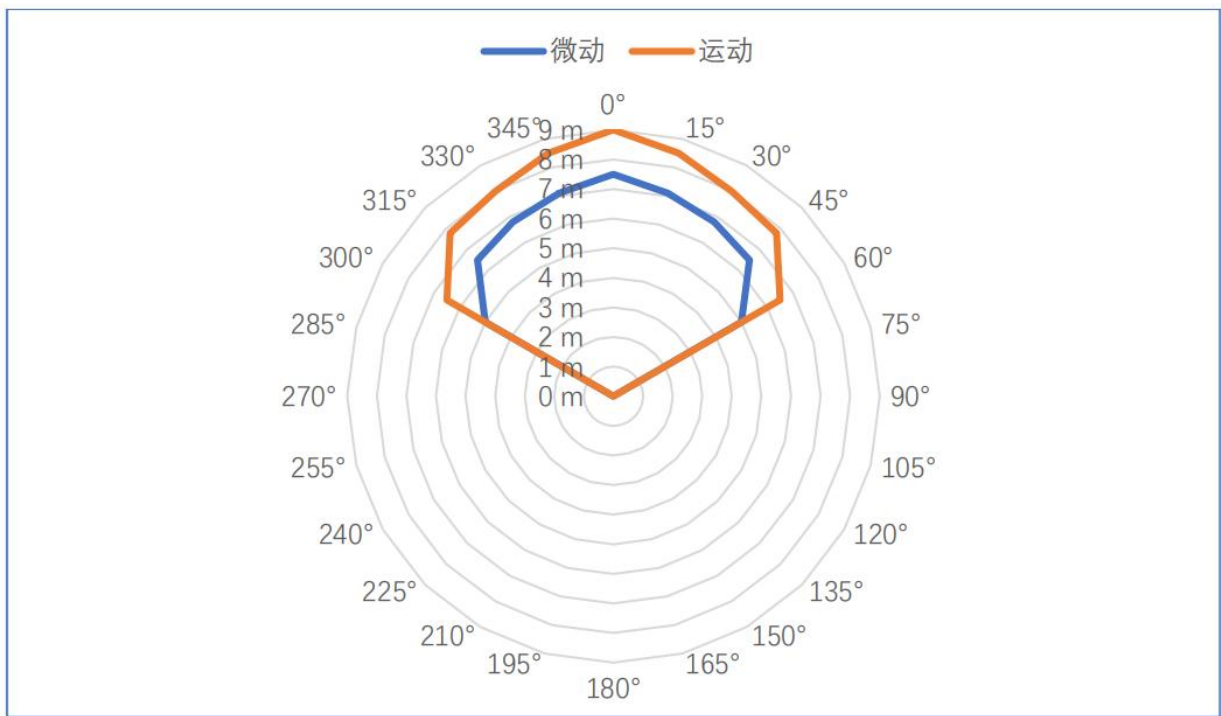


图 5-5 挂壁安装感应范围

6.3. 探测范围测试

雷达触发和保持探测范围的测试方法分别介绍如下：

- 触发范围：

目标人体在雷达上报无人的状态下从远处靠近雷达，当雷达开始上报有人时停止前进，当前位置为雷达触发探测范围的边界；各个方向上的探测边界围成的区域就是雷达触发探测范围。

- 保持范围：

目标人体在雷达上报有人的状态下在待测位置保持小幅度动作，如耸肩、抬手，如果雷达在 60 s 内一直上报有人，则当前位置处于雷达保持探测范围内；否则，该探测位置处于保持探测范围外部。

7. 机械尺寸

图 6-1 为模块的机械尺寸，所有单位均为毫米 mm。模块的板厚为 1.2 mm，公差±10%。

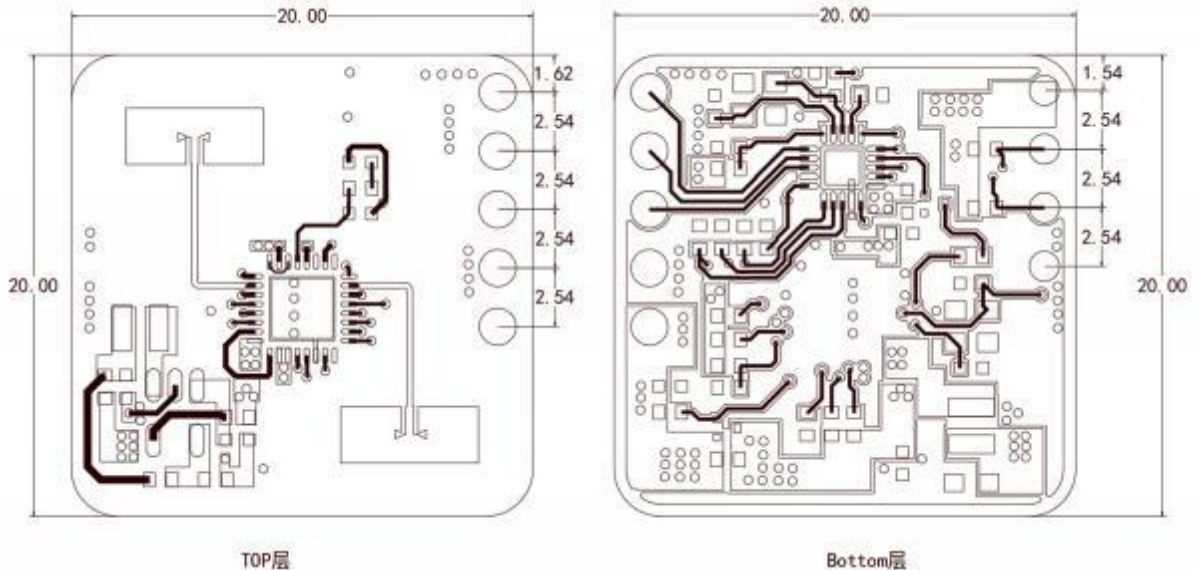


图 6-1 硬件机械尺寸

8. 安装说明

雷达外壳要求

如果雷达需要安装外壳，则外壳必须在 24 GHz 频段具有良好的透波特性，且不能含有金属或对电磁波有屏蔽

作用的材料。更多注意事项请参阅《毫米波传感器天线罩设计指南》。

安装环境要求

本产品需要安装在合适的环境中，如在以下环境中使用，检测效果将受到影响：

- 感应区域内存在持续运动的非人物体，如动物，持续摆动的窗帘和正对风口的大株绿植等。
- 感应区域内存在大面积强反射平面，强反射物正对雷达天线会造成干扰。
- 挂壁安装时，需要考虑室内顶部的空调、电风扇等外部的干扰因素。

安装时注意事项

- 尽量保证雷达天线正对要检测的区域，且天线四周开阔无遮挡。
- 要保证传感器的安装位置牢固、稳定，雷达本身的晃动将影响检测效果。
- 保证雷达的背面不会有物体运动或震动。由于雷达波具有穿透性，天线背瓣可能会检测到雷达背面的运动物体。可以采用金属屏蔽罩或者金属背板，对雷达背瓣进行屏蔽，减弱雷达背面物体造成的影响。
- 存在多个 24 GHz 频段雷达时，请不要波束正对，尽量远离安装，以避免可能的相互干扰。

电源注意事项

- 电源输入电压范围为 3.0 V~3.6 V，电源纹波在 100 kHz 以内无明显谱峰，本方案为参考设计，使用者需考虑相应的 ESD 和雷击浪涌等电磁兼容设计。

9. 注意事项

最大探测距离

雷达探测目标的最大范围是径向距离 8 m。在探测范围内，雷达会上报目标距雷达的直线距离。雷达在 8 m 内仅能给出运动人体的距离信息输出，暂不支持静止人体的近距离测距功能。

最远距离与精度

理论上，本参考方案雷达测距精度为 0.35 m，由于人体目标的体型、状态和 RCS 等不同，测距精度会有波动，同时最远探测距离也会有一定波动。

目标消失延迟时间

当雷达模组检测到目标区域内没有人体存在时，并不会立即上报区域内“无人”状态，而是有所延迟。其延迟上报的机制为：一旦在测试范围内检测不到人体目标，雷达模组会开启计时，时长即为无人持续时间，若在计时内持续检测到无人存在，则在计时结束后上报“无人”状态；若在此时间段内检测到有人存在，则立即结束并更新计时，上报目标信息。

10.版本历史

| 版本 | 时间 | 变更内容 |
|--------|------------|-----------------------------------|
| V1.0 | 2023/2/15 | 初始草稿。 |
| V1.1 | 2023/3/23 | 模块的引脚功能变更，默认波特率更改为 115200，上位机版本更新 |
| V1.2 | 2023/8/15 | 增加串口说明，新版本上位机使用说明，串口指令协议 |
| V1.3 | 2023/12/11 | 修改参数说明 |
| V1.3.1 | 2024/3/21 | 修改参数说明 |
| V1.3.2 | 2024/11/22 | 修改参数说明 |

重要声明

海凌科“按原样”提供技术和可靠性数据(包括数据表)、设计资源(包括参考设计)、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源(以下简称“这些资源”), 不保证没有瑕疵且不做任何明示或者暗示担保, 包括但不限于对适应性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的明示或者暗示担保。并特别声明不对包括但不限于产生于该应用或者使用任何本公司产品与电路造成的任何必然或偶然的损失承担责任。

海凌科保留对本文档发布的信息(包括但不限于指标和产品描述)和所涉及的任何本公司产品变更并恕不另行通知的权利, 本文件自动取代并替换之前版本的相同文件编号文件所提供的信息。

这些资源可供使用海凌科产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任: (1) 针对您的应用选择合适的海凌科产品, (2) 全生命周期中设计、验证、运行您的应用和产品, (3) 确保您的应用满足所有相应标准, 规范和法律, 以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

海凌科授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的海凌科产品的应用。未经海凌科许可, 任何单位和个人不得擅自摘抄、复制这些资源的部分或全部, 并不得以任何形式传播。您无权使用任何其他海凌科知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对海凌科及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务, 海凌科对此概不负责。

海凌科提供的产品受海凌科的销售条款或者海凌科产品随附的其他适用条款的约束。海凌科提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改海凌科针对海凌科产品发布的适用的担保或担保免责声明。