**机器人通信协议V2.0**

(适用于第二代硬件系统架构方案)

# 一、注意事项

1.除非特殊说明，所有2字节的数据都是以高位在前、低位在后发送，计算方式：校验字=高位\*256+低位。注意：Modbus-rtu CRC检验码是低位在前、高位在后。

2.机器人主控收到PC/遥控器的命令、F1收到F4的命令要回复确认收到了命令,回复需修改地址和加入必要的数据。主要通信都是由遥控器/PC发起，由F4和F1应答，这类数据帧须加时间戳；告警是由F1/F4主动向上位机发起的，这类数据帧无须加时间戳。

3.网络IP地址约定

需增加机器人IP远程修改功能：0xC4 0x07 0x00 xx xx xx xx CRC，回复0x4C 0x07 0x00 xx xx xx xx CRC

|  |
| --- |
| PC上位机（TCP Client地址：192.168.2.86 ） |
| 遥控器 (TCP Client地址：192.168.2.18 |
| F429（TCP Server地址：192.168.2.42 |
| 三台摄像机Server依次为：192.168.2.64/65/66 |

名词符号说明：

**PC：**是指顺槽控制中心安装的机器人操控站工控机；

**ARM：**是指遥控器，里面包括6818和F401两颗芯片分别负责WiFi通信和LoRa通信；

**F4:** 是指机器人主控板上的WiFi通信单元

**F1：**是指机器人主控板上的LoRa通信单元

# 二、通信协议

## 1. 通信数据帧基本格式

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 源-目标  地址\*1 | 后续  长度n+3 | 功能码\*1 | 数据域\*n （有些还要包括3字节的时间戳）  （\*后表示该数据域字节长度，下同） | CRC低位\*1、  CRC高位\*1 | 备注1、备注2 |

收到每帧数据必须通过“首部3个字节和末尾2个字节”来校验接收到的数据是否有误。

## 2. 具体协议列表

## 一、PC 🡨🡪 F429间无线通信(唯一通道)

PC发给F429 (走WiFi通过TCP通信)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **起始码** | **后续长度** | **功能码** | **数据域** | | **校验字** | **备注** |
| 0xC4 | 0x07 | 0xC1 | 单字节PWM | 时间戳ID共3字节（HHMMSS)  时间戳ID共3字节HHMMSS | MODBUS  16位CRC  占2字节 | 左行速率0-100% |
| 0x07 | 0xC2 | 单字节PWM | 右行速率0-100% |
| 0x06 | 0xC3 |  | 停机后刹车 |
| 0x06 | 0xC4 |  | 抱闸 |
|  | ~~0xC5~~ |  | ~~调速~~ |
| 0x08 | 0xD0 | 坐标值\*2 | 运动到指定坐标，00 00表示起点，xx xx为终点 |
| 0x06 | 0xD1 |  | 遥控模式 |
| 0x06 | 0xD2 | 跟机模式 |
| 0x06 | 0XD3 | 自动巡航 |
| 0x06 | 0xD4 | 关闭电源 |
| 0x06 | 0xD5 | 进入自动巡扫准备状态 |
| 0x06 | 0xE1 |  | 每秒查询现场状况（兼作心跳包） |
| 0x06 | 0xE2 | 按需查姿态和测距值 |
|  | ~~0xE3~~ | ~~读F1心跳包~~ |
| 0x06 | 0xEB |  | 每5秒查询电源状态 |
| 0x06 | 0xB1 |  | 声光报警器警告解除 |
| 0x06 | 0xB2 | 电机故障警告解除 |

F429发给PC (走WiFi通过TCP通信)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x4C | 0x07 | 0xC1 | 单字节PWM | （原样返回）时间戳ID，共3个字节  HHMMSS | MODBUS  16位CRC  MODBUS  16位CRC | 左行速率0-100% | 应答类指令，回复确认收到了PC相应指令 |
| 0x07 | 0xC2 | 单字节PWM | 右行速率0-100% |
| 0x06 | 0xC3 |  | 停机后刹车 |
| 0x06 | 0xC4 |  | 抱闸 |
|  | ~~0xC5~~ | ~~单字节PWM~~ | ~~调速0-100~~ |
| 0x08 | 0xD0 | 坐标值\*2 | 运动到指定坐标，00 00表示起点，xx xx为终点，单位cm |
| 0x06 | 0xD1 |  | 遥控模式 |
| 0x06 | 0xD2 | 跟机模式 |
| 0x06 | 0xD3 | 自动巡航 |
| 0x06 | 0xD4 | 确认关闭了电源 |
| 0x06 | 0xD5 | 确认收到进入巡扫准备状态指令 |
| 0x16 | 0xE1 | 现场状况数据共16字节 | 回复瓦斯浓度、温度、湿度等，详见附表1 |
| 0x19 | 0xE2 | 姿态和测距值共19字节 | 回复姿态和测距值，详见附表2 |
|  | ~~0xE3~~ |  | ~~转发F1心跳包~~ |
| 0x38 | 0xEB | 电池电量、电压、温度等共50字节 | 回复电源状态，详见附表3 |
| 0x06 | 0xB1 |  | 确认收到声光报警器警告解除指令 |
| 0x06 | 0xB2 | 确认收到电机警告解除指令 |
| 0x03 | 0xD6 |  | 无时间戳 | 进入自动巡扫前的准备工作已完成 | F4主动发起，实时性高 |
| 0x03 | 0x82 |  | 电源告警（电压、电流异常、温度异常） |
| 0x03 | 0x83 |  | 姿态告警 |
| 0x03 | 0x84 |  | 距离告警 |
| 0x03 | 0x85 |  | F4工控机告警 |
| 0x03 | 0x87 |  | F1-ARM LoRa失联 |
| 0x03 | 0x88 |  | 电机告警 |
| 0x03 | 0x89 |  | F4 发烟雾告警 |
| 0x03 | 0x8A |  | F4 发瓦斯告警 |
| 0x03 | 0x8C |  | F4-ARM TCP失联 |
| 0x03 | 0x95 |  | 编码器数据误差较大 |

## 二、遥控器6818🡨🡪F429间无线通信（主通道）

遥控器6818发给F429（走WiFi通过TCP透传）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0xA4 | 0x06 | 0xC1 | 单字节PWM | 时间戳ID，共3个字节HHMMSS | MODBUS 16位CRC | 0-100%速率左行 |
| 0x06 | 0xC2 | 单字节PWM | 0-100%速率右行 |
| 0x06 | 0xC3 |  | 停机后刹车 |
| 0x06 | 0xC4 |  | 抱闸 |
|  | ~~0xC5~~ | ~~单字节PWM~~ | ~~调速0-100%~~ |
|  | ~~0xD0~~ | ~~坐标值\*2~~ | ~~运动到指定坐标，00 00表示起点，xx xx为终点~~ |
|  | ~~0xD1~~ |  | ~~遥控模式~~ |
|  | ~~0xD2~~ | ~~跟机模式~~ |
|  | ~~0xD3~~ | ~~自动巡航~~ |
| 0x06 | 0xD4 | 关闭电源 |
|  | ~~0xD5~~ | ~~进入自动巡航前开始准备工作~~ |
| 0x06 | 0xE1 |  | 每秒查询现场状况（兼作心跳包） |
| 0x06 | 0xE2 | 按需查姿态和测距值 |
|  | ~~0xE3~~ | ~~读F1心跳包~~ |
| 0x06 | 0xEB |  | 每5秒查询电源状态 |
| 0x06 | 0xB1 |  | 声光报警器警告解除 |
| 0x06 | 0xB2 |  | 电机警告解除 |

F429发给遥控器6818（走WiFi通过TCP透传）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x4A | 0x07 | 0xC1 | 单字节PWM | (原样返回)时间戳ID，共3个字节HHMMSS | MODBUS 16位CRC | 0-100%速率左行 | 回复  确认收到命令 |
| 0x07 | 0xC2 | 单字节PWM | 0-100%速率右行 |
| 0x06 | 0xC3 |  | 停机后刹车 |
| 0x06 | 0xC4 |  | 抱闸 |
|  | ~~0xC5~~ | ~~单字节PWM~~ | ~~调速~~ |
|  | ~~0xD0~~ | ~~坐标值\*2~~ | ~~运动到指定坐标，00 00表示起点，xx xx为终点~~ |
|  | ~~0xD1~~ |  | ~~遥控模式~~ |
|  | ~~0xD2~~ | ~~跟机模式~~ |
|  | ~~0xD3~~ | ~~自动巡航~~ |
| 0x06 | 0xD4 | 确认关闭了电源 |
|  | ~~0xD5~~ | ~~确认进入自动巡航前准备状态~~ |
| 0x16 | 0xE1 | 16个字节的现场状况数据 | 回复瓦斯浓度、温度、湿度…详见附表1 |
| 0x19 | 0xE2 | 姿态和测距值共19字节 | 转发F1采集的姿态和测距值，详见附表2 |
|  | ~~0xE3~~ |  | ~~F1心跳包（等F1回复后再回）~~ |
| 0x38 | 0xEB | 电池电量、电压、温度等共50字节 | 回复电源状态，详见附表3 |
| 0x06 | 0xB1 |  | 声光报警器警告解除 |
| 0x06 | 0xB2 |  | 电机警告解除 |
| 0x03 | 0x82 |  |  | 电源告警（电压、电流异常、温度异常） | F4主动发起，实时性高 |
| 0x04 | 0x83 |  | 姿态告警 |
| 0x04 | 0x84 |  | 距离告警 |
| 0x04 | 0x85 |  | F4转发工控机告警信息 |
| 0x04 | 0x86 |  | F4-PC TCP失联 |
| 0x04 | 0x88 |  | 电机告警 |
| 0x04 | 0x89 |  | F4 发烟雾告警 |
| 0x04 | 0x8A |  | F4 发瓦斯告警 |
| 0x04 | 0x95 |  | 编码器数据误差较大 |

## **三、遥控器F401**🡨🡪**F103间无线通信**（备份通道，走LoRa通信）

遥控器F401发给F103（走LoRa通信, 波特率9600bps,8N1格式）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0xA1 | 0x07 | 0xC1 | 单字节PWM | 时间戳ID，  共3个字节HHMMSS | MODBUS  16位CRC | 0-100%速率左行（每秒发） |
| 0x07 | 0xC2 | 单字节PWM | 0-100%速率右行（每秒发） |
| 0x06 | 0xC3 |  | 停机后刹车（收到回复后停止发送，再每秒发0xE3） |
| 0x06 | 0xC4 | 抱闸（收到F1回复后停止发送，再每秒发0xE3心跳包） |
| 0x06 | 0xD4 | 关闭电源 |
| 0x06 | 0xE4 |  | WiFi故障后才发，代替E3功能每秒查询更多现场关键信息（兼作心跳包） |
| 0x06 | 0xE2 | 按需查姿态和测距值 |
| 0x06 | 0xE3 | 查询LoRa等是否正常，每秒至少发一次（用作心跳包）,发C1、C2指令时不发它 |
|  |  |  |  |
| 0x06 | 0xEB |  | WiFi故障后才发，按需查询电源状态 |
| 0x06 | 0xB1 |  | 声光报警器警告解除（收到回复后停止发送） |
| 0x06 | 0xB2 | 电机警告解除（收到回复后停止发送） |

F103发给遥控器F401（走LoRa通信, 波特率9600bps,8N1格式）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x1A | 0x09 | 0xC1 | 单字节电机状态 | 环境状态的警告信号和电机故障报警信息（2字节）见附表6。  说明：F1不再主动通过LoRa发出报警信息了，收到查询才发。 | （原样返回）时间戳ID，共3个字节HHMMSS | MODBUS  16位CRC  MODBUS  16位CRC | 左行+状态报警 | 回复确认收到命令 |
| 0x09 | 0xC2 | 右行+状态报警 |
| 0x09 | 0xC3 | 停车+状态报警 |
| 0x09 | 0xC4 | 刹车+状态报警 |
| 0x09 | 0xD4 | 确认关闭了电源，+状态报警 |
| 0x09 | 0xE3 | 回复确认LoRa通信正常，并反馈部分信息 |
| 0x09 | 0xB1 | 声光报警器警告解除 |
| 0x09 | 0xB2 | 电机警告解除 |
| 0x18 | 0xE4 | 16个字节的现场状况数据详见附表1 | 回复瓦斯浓度、温度、湿度…环境状态的警告信号和电机故障报警信息，详见附表1和见附表6 |
| 0x19 | 0xE2 | 姿态和测距值共19字节 | | F1回复姿态和测距值，数据格式详见附表2 |
| 0x38 | 0xEB | 电池电量、电压、温度等共50字节 | |  |  | 回复电源状态，详见附表3 |

## 四、主控板内部F429🡨🡪F103间通信（走SPI） 姿态告警、距离告警、LoRa失联信号F103也可通过2个IO口电平状态直接告知F429，IO口信号定义为：00无警告；01姿态警告；10 距离警告；11 Lora失联。

**F429发给F103（走SPI通信）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x41 |  | ~~0xC1~~ | ~~单字节PWM~~ | ~~(原样转发)时间戳ID共3个字节HHMMSS~~  无时间戳 | MODBUS 16位CRC | ~~左行~~ |
|  | ~~0xC2~~ | ~~单字节PWM~~ | ~~右行~~ |
|  | ~~0xC3~~ |  | ~~停机后刹车~~ |
|  | ~~0xC4~~ |  | ~~抱闸~~ |
|  | ~~0xC5~~ | ~~单字节PWM~~ | ~~调速~~ |
| 0x03 | 0xD4 |  | 关闭电源 |
| 0x13 | 0xE1 | 现场状况数据共16字节 | **回复F1**查F4的心跳包（当TCP失效时使用） |
| 0x03 | 0xE2 |  | F4查询F1采集的姿态和测距值 |
|  | ~~0xE3~~ |  | ~~读F1心跳包~~ |
| 0x35 | 0xEB | 电池电量、电压、温度等共50字节 | F4回复电源状态给F1,详见附表3 |
| 0x04 | 0x41 | 单字节警告信号(附表7) | F4-F1之间心跳包（每秒由F4主动发起） |
| 0x03 | 0xB1 |  | 回复F1声光报警器警告解除 |
| 0x03 | 0xB2 |  | 电机警告解除 |
| 0x03 | 0x83 |  | 姿态告警 |
| 0x03 | 0x84 |  | 距离报警 |
| 0x03 | 0x87 |  | F103-F401 LoRa失联 |
|  | ~~0x8A~~ |  | ~~瓦斯告警~~ |
|  | ~~0x8C~~ |  | ~~F4-ARM TCP失联~~ |

**F103发给F429（走SPI通信）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x14 |  | ~~0xC1~~ | ~~单字节PWM~~ | ~~(原样返回)时间戳ID共3个字节HHMMSS~~  无时间戳 | MODBUS 16位CRC | ~~左行~~ | 回复  确认收到命令 |
|  | ~~0xC2~~ | ~~单字节PWM~~ | ~~右行~~ |
|  | ~~0xC3~~ |  | ~~停机后刹车~~ |
|  | ~~0xC4~~ |  | ~~抱闸~~ |
|  | ~~0xC5~~ | ~~单字节PWM~~ | ~~调速~~ |
|  | ~~0xD1~~ |  | ~~进入遥控模式~~ |
| 0x03 | 0xD4 |  | 关闭电源 |
| 0x16 | 0xE2 | 姿态和测距值共19字节 | F1将姿态和测距值转发给F4,数据格式详见附表2 |
|  | ~~0xE3~~ |  | ~~F1心跳包~~ |
| 0x03 | 0x14 |  | F1-F4之间心跳包回复确认收到表明F1正常工作 |
|  |  |  |  |
| 0x03 | 0xB2 |  | 电机警告解除 |
| 0x03 | 0xE1 |  | (遥控器通过)F1查询F4的数据（仅当TCP失效时使用） | F1主动发起 |
|  | 0x03 | 0xEB |  | 每5秒查询电源状态 |
|  | 0x03 | 0xB1 |  | 控制F4解除声光报警器警告 |
|  | 0x03 | 0x83 | 备注：姿态告警、距离告警、LoRa失联信号F1也可通过2个IO口电平状态直接告知F4。 | 姿态告警 |
|  | 0x03 | 0x84 | 距离报警 |
|  |  | ~~0x85~~ | ~~工控机告警~~ |
|  |  | ~~0x86~~ | ~~F4-PC TCP失联~~ |
|  | 0x03 | 0x87 | F103-F401 LoRa失联 |
|  |  | ~~0x88~~ | ~~电机告警~~ |

## **五、遥控器内部6818和F401通信**

F401收到LoRa报警数据后立刻控制灯和蜂鸣器报警，F401可能还会收到6818传来的控制信息,这里这里又有一个配合问题。

每次通信都是由6818发起查询，由F401回复，6818收不到数据则需重新查询，但不能打断LoRa通信。

1、6818 🡪 F401（走UART通信，波特率115200bps,8N1格式）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **起始符** | **后续**  **长度** | **功能码\*1** | **数据域** | **校验和** | **备注** |
| 0x64 | 0x02 | 0x0B |  | 前3个字节求和后保留最低那个字节 | 查询电池电压、控制面板状态和机器人状态信息,每秒至少查询1次。 |
| 0x64 | 0x04 | 0x0C | 控制字\*2 | 前5个字节求和后保留最低那个字节 | 6818发2个字节的控制指令，用于控制遥控器面板上的灯和蜂鸣器等外设。发送完成后立即准备读取UART数据。控制字定义如下：  （1）第1个字节预留备用扩展，默认为0；  （2）第2个字节从高位到低位每2个bits对应1个外设的行为，即分别对应红灯、绿灯、黄灯和蜂鸣器的行为: 00表示灯灭或者蜂鸣器不响，01表示灯每秒慢闪或者蜂鸣器长间隔响一声，10表示灯每秒快闪或者蜂鸣器短间隔急促响，11表示灯常亮或者蜂鸣器一直响。举例说明：  控制字00000000 000111**10** 表示红灯灭、绿灯慢闪，黄灯常亮，蜂鸣器急促响。 |
| 0x64 | 0x03 | 0xE4 |  | 前3个字节求和后保留最低那个字节 | 一般情况是6818通过WiFi读取机器人状态及其环境信息（对应前面表中功能码E1），WiFi故障后6818才转为通过读F401的LoRa数据来读机器人状态及其环境信息，此时F401才需要发这条指令给F103 |
| 0x64 | 0x03 | 0xEB |  | 前3个字节求和后保留最低那个字节 | WiFi故障后6818才转为通过读F401的LoRa数据来查询电源状态 |

2、F401🡪 6818: （走UART通信，波特率115200bps,8N1格式）

F401开串口接收中断，每当收到6818发的数据，立刻在中断服务函数中进行回复，发送完回复数据后再立即进入接收中断。注意：F401的LoRa通信优先级调要高于与6818的通信，6818查询F401时若正在LoRa通信就不会理它，6818查不到可以再重查，但不能打断LoRa通信。遥控器F401平时是通过WiFi读取机器人状态的，WiFi故障后就才转为通过LoRa来读状态

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **起始符** | **后续**  **长度** | **功能码\*1** | **数据域** | **校验和** | **备注** |
| 0x46 | 0x08 | 0x0B | 电池电压值\*1 | 前面所有字节求和后保留最低那个字节 | 用1个字节回复电池电压，电压范围0～25.5V,精确到0.1V，真实电压值X10后转为16进制数 |
| 控制面板状态\*2 | |  |  | | --- | --- | | BIT9-15 | 0（保留） | | BIT8 | EMG(紧急按键) | | BIT7 | F0（0没按下，1按下） | | BIT6 | F1（0没按下，1按下） | | BIT5 | F2（0没按下，1按下） | | BIT4 | F3（0没按下，1按下） | | BIT3 | SPEED(速度) 00低速  01中速 10高速 | | BIT2 | | BIT1 | DIR(移动方向)00停止 01向右 10向左 | | BIT0 | |
| 电机状态、环境状态的警告信号和电机故障警告数据\*3 | LoRa发E3功能码收到的F103回复数据（3字节）再打包到这帧数据里转发给6818，同时F401也需要解析报警信息。 |
| 0x46 | 0x03 | 0x0C | 控制字节 | 前4个字节求和后保留低字节 | 原样返回接收到的控制字节 |
| 0x46 | 0x18 | 0xE4 | 18个字节：现场状态数据（16字节）+环境状态的警告信号和电机故障报警信息（2字节） | 前面所有字节求和后保留最低那个字节 | 遥控器WiFi故障后，F401把读到的LoRa数据转发给6818。数据格式详见附表1和见附表6 |
| 0x46 | 0x38 | 0xEB | 电池电量、电压、温度等共50字节 | 前面所有字节求和后保留最低那个字节 | 遥控器WiFi故障后，按需F401把电源状态转发给6818。数据格式详见附表3 |

## **六、主控板F429和STC8测温板RS485通信**

F429、STC8与BMS板挂在同一条RS485总线上，19200bps,8N1。协议遵守BMS板的通信协议即可。

BMS板每200毫秒依次发 1、控制测温小板MOS管开关指令帧；2、查询STC8测温小板温度数据帧；3、电池实时数据帧；4、单体电压实时数据帧；5、电芯数目和单体电芯容量数据帧。

STC8测温小板接收到BMS板查询温度指令后自动回复；F429只收数据不主动查询，但紧急情况下F429可通过RS485发指令控制BMS板或测温小板断开电池负极。

## **七、主控板F429和F103与STC8运动控制板RS485通信**

F429、F103与STC8运动控制板都挂在同一条RS485总线上，19200bps,8N1。

1、STC8运动控制板主动给F429、F103发两种数据帧:

* 1. 偶发性RFID数据（单字节）：8F 04 81 ID CRC，F429和F401都收到此数据，F103会忽略掉此数据，只F429回复：F8 04 81 XX CRC。

预留备用：如果STC8带激光避碰模块也通过此指令发给F103：左边出现障碍发8F 04 81 FE CRC；右边出现障碍发8F 04 81 FF CRC

* 1. 每秒心跳包：8F 09 E3 XX CRC主动向上发送电机状态数据，包括：由读电机转速推算出的机器人速率值（1字节）、驱动器控制位实际状态（1字节）、驱动器故障信息（1字节）、电机温度（1字节）、电机驱动器温度（1字节）、电机隔爆腔温度（1字节）共6个字节。

F429和F401都接收此数据，但只F401回复：F8 03 E3 CRC;

STC8若收不到回复数据，则会尝试再重发3次，若重发3次仍没收到回复，则立即停车。

2、F429收到PC或遥控器ARM6818从WiFi发来的运动控制指令时，也需主动通过RS485总线转发给F429运动控制板；F103收到遥控器F401从LoRa发来的运动控制指令时，也通过RS485总线转发给STC8运动控制板。F429和F103在发指令前都会先监听RS485总线上是否有数据，如果有数据，则等待ms后才发。这两种通信频次不高，它们之间RS485总线竞争解决办法是：F429、F103有一条IO口连线，F429向STC8发数据时将其拉高，直到F429收完STC8回复数据后将其拉低，F103检测到低电平后才能发数据； F103也同此处理。

## 附表1：**0xE1功能码对应数据**

**F4**采集到的16个字节数据格式定义：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 数组下标(字节) | 含义 | 计算方法 | 单位+倍率 |
| 0 | 温湿度传感器湿度值 | [0] | 1% RH |
| 1～2 | 温湿度传感器温度值 | [1] \*256 +[2] | 0.1 ℃ |
| 3～4 | 瓦斯气体浓度 | [3] \*256 +[4] | 0.01-100.00% (乘上10000)  1%报警，1.5%断电 |
| 5～6 | 当前位置 | uchar[2] | 0～65535cm |
| 7 | 通过读当前电机转速推算所得机器人速率值 | 单字节 | 0～255cm/s，需要STC8进行解析  0xFF表示最后3字节数据丢失 |
| 8 | 驱动器控制位实际状态 | 单字节 | Bit0:外部使能输入状态  Bit1:外部刹车输入状态  Bit2:外部方向输入状态  Bit3～7:？？ |
| 9 | 驱动器故障信息 | 单字节 | Bit0： 短路  Bit1:：霍尔值异常  Bit2:：霍尔相位异常  Bit3：过流  Bit4：母线电压过低  Bit5：母线电压过高  Bit6：软件禁能  Bit7：？？ |
| 10 | BMS电路板温度（由BMS板自测） | [10] | 单位1℃  0xFF表示没接传感器或传感器故障 |
| 11 | 12V电源模块温度  （由BMS板外引1#传感器测） | [11] |
| 12 | 24V电源模块温度（由BMS板外引2#传感器测）可能从BMS读不出来 | [12] |
| 13 | 电机温度 | [13] |
| 14 | 电机驱动器温度 | [14] |
| 15 | 腔内温度 | [15] |
|  |  |  |
|  |  |  |

## 附表2：**0xE2功能码对应姿态和测距值（按需偶尔查询）**

F1采集到的19字节姿态测距数据格式定义：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 数组下标 | 含义 | 计算方法（以x轴为例） |
| 0～1 | X加速度 | 数据包中低字节在前，高字节在后， ax=((AxH<<8)|AxL)/32768\*16g(g为重力加速度，可取 9.8m/s2) |
| 2～3 | y加速度 |
| 4～5 | z加速度 |
| 6～7 | X角速度 | 数据包中低字节在前，高字节在后， wx=((wxH<<8)|wxL)/32768\*2000°/s |
| 8～9 | y角速度 |
| 10～11 | z角速度 |
| 12～13 | X角度 | 数据包中低字节在前，高字节在后， Roll=((RollH<<8)|RollL)/32768\*180° |
| 14～15 | y角度 |
| 16～17 | z角度 |
| 18 | 超声波测距值 | 范围：0～255cm |

## 附表3：**0xEB功能码对应数据**

**F4**采集到电源状态的50个字节数据格式定义：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 数组下标(字节) | 含义 | 计算方法 | 单位+倍率 |
| 0 | BMS总电量 | [0] | 1% |
| 1～2 | BMS总电压 | [1] \*256 +[2] | 1mV |
| 3～4 | BMS放电总电流 | [3] \*256 +[4] | 1mA |
| **5** | **1#电芯温度 (unsigned char)** | **-50+[5]** | **1℃** |
| **……** |  |  |  |
| **19** | **15#电芯温度(unsigned char)** | **-50+[19]** | **1℃** |
| 20～21 | 1#电芯电压 | [20] \*256 +[21] | 1mV |
| …… |  |  |  |
| 48～49 | 15#电芯电压 | [48] \*256 +[49] | 1mV（2-15路温度由STC8单片机采集） |

## 附表5：数据传输通道说明

所有功能号说明以及数据传递通道，“A<=>B”表示A发B收然后B回复A,“A->B”表示仅A发B收，无回复

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 分类 | 信号 | 说明 | 信号传递通道 |
| 电机控制 | 0xC1 | 左行 | ARM<=>F1(LoRa)  ARM<=>F4(TCP) F4<=>F1(SPI)  PC<=>F4(TCP) |
| 0xC2 | 右行 |
| 0xC3 | 停机 |
| 0xC4 | 刹车 |
| 0xC5 | 调速0-100 |
| 模式控制 | 0xD0 | 运动到指定坐标 | PC<=>F4(TCP) ARM<=>F4(TCP) |
| 0xD2 | 跟机模式 |
| 0xD3 | 自动巡航 |
| 0xD1 | 遥控模式 | PC<=>F4(TCP) ARM<=>F4(TCP) |
| 0xD4 | 关闭电源 | ARM<=>F1(LoRa)  ARM<=>F4(TCP) F4<=>F1(SPI)  PC<=>F4(TCP) |
| 0xD5 | 进行自动巡航前准备工作 | PC<=>F4(TCP) ARM<=>F4(TCP) |
| 0xD6 | 上位机控制停车/警告停车 | F1->F4(SPI） |
| 0x8B | 自动巡航前准备工作已完成 | F4->PC(TCP) F4-> ARM(TCP) |
| 信号查询 | 0xE2 | 查询F1姿态和测距 | PC<=>F4(TCP) ARM<=>F1(LoRa) ARM<=>F4(TCP) F4<=>F1(SPI) |
| 0xE3 | 每秒查询F1（兼作心跳包） | ARM <=>F1(LoRa)  PC/ARM->F4->F1->F4->PC/ARM(F4收到F1信息后再回复给PC/ARM) |
| 0x71 | 每秒查询F4（兼作心跳包） | F4<=>PC(TCP) F4<=>ARM(TCP)  ARM<=>F1(LoRa) F1<=>F4(SPI) |
| 0x81 | RFID信号 | F1->F4(SPI) |
| 告警信号 | ~~0x82~~ | ~~F1-PC UDP失联~~ | ~~F4->ARM(TCP) F1->ARM(LoRa) F1->F4(SPI)~~ |
| 0x83 | 姿态告警 | F1->ARM(LoRa) F1->F4(SPI) F4->PC(TCP) F4->ARM(TCP) |
| 0x84 | 距离告警 |
| 0x85 | 工控机告警 | F1->ARM(LoRa)  F4->PC(TCP) F4->ARM(TCP) F1<=>F4(SPI) |
| 0x86 | F4-PC TCP失联 | F4<=>F1(SPI) F4->ARM(TCP) F1->ARM(LoRa) |
| 0x87 | F1-ARM LoRa失联 | F4->PC(TCP) F1->F4(SPI) |
| 0x88 | F1 电机ALM报警 | F1->ARM(LoRa) F1->F4(SPI) F4->PC(TCP) F4->ARM(TCP) |
| 0x89 | 烟雾报警 | F4->PC(TCP) F4->ARM(TCP) F4->F1(SPI) F1->ARM(LoRa) |
| 0x8A | 瓦斯报警 |
| 0x8C | F4-ARM TCP失联 | F4->PC(TCP) F1->ARM(TCP)  F1->ARM(LoRa) |
| 0x95 | 编码与RFID误差大 | F4->PC(TCP) F4->ARM(TCP) |
|  | 0xB1 | 声光报警器警告解除 | PC<=>F4(TCP);ARM<=>F1(LoRa); ARM<=>F4(TCP), F4<=>F1(SPI); |
|  | 0xB2 | 电机警告解除 |

## 附表6：F103->遥控器F401警告信号对应数据位状态表 （2字节）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 第一个字节 | 功能号 | 警告 |
| Bit0 | ~~0x82~~ | ~~F1-PC UDP失联~~ |
| Bit1 | 0x83 | F1发姿态告警 |
| Bit2 | 0x84 | F1发距离告警 |
| Bit3 | 0x85 | F4工控机告警 |
| Bit4 | 0x86 | F4-PC TCP失联 |
| Bit5 | 0x88 | F1 检测到电机ALM报警 |
| Bit6 | 0x89 | 烟雾告警 |
| Bit7 | 0x8A | 瓦斯告警 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 第2个字节 | 功能号 | 警告 |
| Bit0 | （预留） | （预留） |
| Bit1 |
| Bit2 |
| Bit3 |
| Bit4 |
| Bit5 |
| Bit6 |
| Bit7 |

## 附表7：F4主动发给F1之间心跳包：警告信号

F1回复F4：之前0xE3的F1心跳信息，确保F1工作正常

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 数据位 | 对应警告信号 | 对应值 |
| Bit0 | 瓦斯告警 | 1：告警  0：正常 |
| Bit1 | 烟雾告警 |
| Bit2 | 工控机告警 |
| Bit3 | F4-PC tcp失联 |
| Bit4 | F4-ARm tcp失联 |