## 目录：

[目录： 1](#_Toc200888801)

[1上位机协议 3](#_Toc200888802)

[1.1.对树莓派 3](#_Toc200888803)

[1.1.1节点管理类N 3](#_Toc200888804)

[1.1.2使命下载类A 3](#_Toc200888805)

[1.1.3参数设置类S 4](#_Toc200888806)

[1.1.4数据问询类D 4](#_Toc200888807)

[1.2.对STM32 5](#_Toc200888808)

[1.2.1电源控制类R 5](#_Toc200888809)

[注:实际可控制开关的设备仅磁力仪,声通机,水下灯,北斗GPS,高度计;温深仪和无线电台始终开启 5](#_Toc200888810)

[1.2.2遥控控制类M 5](#_Toc200888811)

[1.3.对声通机（甲板单元）115200 9](#_Toc200888812)

[2树莓派协议 9](#_Toc200888813)

[2.1对上位机 9](#_Toc200888814)

[2.1.1命令应答类 9](#_Toc200888815)

[2.1.2数据回复类 10](#_Toc200888816)

[2.2对STM32 11](#_Toc200888817)

[2.2.1运动控制类Z 11](#_Toc200888818)

[2.2.2安全机制类 11](#_Toc200888819)

[2.3.对声通机(水下单元) 115200 12](#_Toc200888820)

[3 STM32协议 12](#_Toc200888821)

[3.1上行应答类 12](#_Toc200888822)

[3.2上行数据类 13](#_Toc200888823)

## 1上位机协议

### 1.1.对树莓派

#### 1.1.1节点管理类N

通过网络通信向树莓派发送节点控制指令。指令格式如下：

| 固定帧头 | 固定字符 | 功能字符 | 参数字符 | 固定帧尾 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| @ | N | S | COOCCC | $ |
| @ | N | I |  | $ |

‍功能字符含义：

S表示对相应节点的设置（打开或关闭），I表示要求获取各节点当前状态。

参数字符含义：

参数字符共六个字节，O表示打开，C表示关闭。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 第1个 | 第2个 | 第3个 | 第4个 | 第5个 | 第6个 |
| Pi | STM32 | BDGPS | UACM | CAMERA | AUTO |

#### 1.1.2使命下载类A

通过网络将使命文本以行的形式发送给树莓派。

每行指令格式如下：

| 固定帧头 | 固定字符 | 功能代码 | 行数 | 目前行数 | 数据报文 | 固定帧尾 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| @ | A | \_1 | 两个字符 | 两个字符 | 自定义 | $ |

\_1功能字符对应功能表：

| \_1 | 功能 | 说明 |
| --- | --- | --- |
| A | 启动已经下载的使命 | 一个字符 |
| C | 清空已经下载的使命文件 | 一个字符 |
| W | ZA字段 | 一个字符 |
| 备用 | 备用 | 一个字符 |

注：除\_1位‘W’，行数和目前行数位不为空，其余命令行数和目前行数为空。

行数为两个字符可以表示范围：0~65535

#### 1.1.3参数设置类S

通过网络通信向树莓派发送相应设置指令。

指令格式如下：

| 固定帧头 | 固定字符 | 功能代码 | 分隔符 | 设置内容 | 分隔符 | 固定帧尾 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| @ | S | \_1 | ， | ///////// | ， | $ |

\_1功能字符对应功能表：

| \_1 | 功能 | 案例说明（分割符‘,’） | 案例说明 |
| --- | --- | --- | --- |
| T | 同步PC时间固定14字长 | @ST,2025/01/11 16:56:06,$ | 设置时间为2025年1月11日16点56分06秒 |
| P | 用于设定安全参数 | @SP,1000,5,200,10,$ | 设置安全参数，1000m半径，5min，200m水深，低压10V（如果设置位为空或无效数据，维持上一个值） |
| 备用 | 备用 | 一个字符 | 备用 |

#### 1.1.4数据问询类D

通过网络通信向树莓派发送相应设置指令。用于获取一帧树莓派的数据

指令格式如下：

| 固定帧头 | 固定字符 | 功能代码 | 固定帧尾 |
| --- | --- | --- | --- |
| @ | D | U | $ |

上位机收到的数据回复格式见2.1.2

### 1.2.对STM32

#### 1.2.1电源控制类R

‍通过网络通信向树莓派发送传感器电源控制指令。指令格式如下：

| 固定帧头 | 固定字符 | 功能字符 | 参数字符 | 固定帧尾 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| @ | R | S | COOCCCO | $ |
| @ | R | I |  | $ |

‍参数字符含义：

参数字符共七个字节，O表示打开，C表示关闭。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 第1个 | 第2个 | 第3个 | 第4个 | 第5个 | 第6个 | 第7个 |
| 温深仪 | 高度计 | BDGPS | UACM | 无线电台 | 磁力仪 | 水下灯 |

#### 注:实际可控制开关的设备仅磁力仪,声通机,水下灯,北斗GPS,高度计;温深仪和无线电台始终开启

#### 1.2.2遥控控制类M

任意M命令将使STM32进入手柄模式,不可在非手柄控制场合使用M命令

命令不定长,参数长度可变,格式如下：

| **命令类型** | **命令属性** | **帧头** | **控制参数** | **分隔符** | **控制参数** | **帧尾** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 运动控制 | 单推进器控制 | @MT | 推进器编号 | , | 推进器转速挡位 | $ |
| 舵板控制 | @MD | 角度增减命令 | , | 舵机编号&角度 | $ |
| 平动控制 | @MM | 平动控制命令 |  | 平动速度参数 | $ |
| 转动控制 | @MR | 转动控制命令 |  | 转动速度参数 | $ |
| 摇杆航行控制 | @MS | 速度参数 | , | 角度参数 | $ |
| 摇杆姿态控制 | @MP | 力度参数 | , | 方位参数 | $ |

注:以下面的具体定义为准

@MT命令具体控制参数定义：

| **推进器编号** |  |  | **推进器挡位** |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ASCII | 定义 | 分隔符 | ASCII | 定义 |
| 1 | 左后主推 | , | -12~12 | 正档位正转,负档位反转  12档最大转速  (实测10档转速已达最大)  0档停转  垂推向下安装,  垂推正转即上浮 |
| 2 | 右后主推 |
| 3 | 左前垂推 |
| 4 | 右前垂推 |
| 5 | 后垂推 |

例:@MT1,-10$

@MD命令具体控制参数定义：

| **角度增减命令** |  | **舵机编号** |  |  | **角度值** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ASCII | 定义 | ASCII | 定义 | 分隔符 | ASCII |
| A | 增减角度 | 1 | 左舵板 | , | 增量值,整数 |
| S | 指定角度 | 2 | 右舵板 | -15≤angle≤22 |
|  |  | 3 | 左右舵板 |  |

注: 指定角度时,0°舵板水平,舵板角度向上最大22°向下最大-15°

例:@MDA2,-2$ 右舵向下转2°@MDS3,20$ 两舵转到20°

针对非手柄控制时需要操作舵板的场合,定义@D命令

@D命令具体控制参数定义：

| **角度增减命令** |  | **舵机编号** |  |  | **角度值** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ASCII | 定义 | ASCII | 定义 | 分隔符 | ASCII |
| A | 增减角度 | 1 | 左舵板 | , | 增量值,整数 |
| S | 指定角度 | 2 | 右舵板 | -15≤angle≤22 |
|  |  | 3 | 左右舵板 |  |

例:@DA2,-2$ 右舵向下转2°@DS3,20$ 两舵转到20°

@MM命令具体控制参数定义：

| **平动控制命令** |  | **平动速度参数** |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ASCII | 定义 | ASCII | 定义 |
| F | 前进 | 0~12 | 0档停止  12档满速 |
| B | 后退 |
| U | 上浮 |
| D | 下潜 |

例:@MMF10$

@MR命令具体控制参数定义：

| **转动控制命令** |  | **转动速度参数** |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ASCII | 定义 | ASCII | 定义 |
| L | 左转 | 0 | 停止 |
| R | 右转 | 1 | 很慢 |
| B | 前倾 | 2 | 较慢 |
| F | 后倾 | 3 | 一般 |
| U | 左倾 | 4 | 较敏捷 |
| D | 右倾 | 5 | 非常敏捷 |

例:@MRL5$

注：

左转——沿yaw角旋转，俯视情况下AUV以逆时针旋转，或者说头部左转

右转——沿yaw角旋转，俯视情况下AUV以顺时针旋转，或者说头部右转

前倾——沿pitch角旋转，左舷看进去情况下AUV以逆时针旋转，或者说头部下压

后倾——沿pitch角旋转，左舷看进去情况下AUV以顺时针旋转，或者说头部上抬

左倾——沿roll角旋转，艉部看进去情况下AUV以逆时针旋转，或者说左翼下压

右倾——沿roll角旋转，艉部看进去情况下AUV以顺时针旋转，或者说右翼下压

@MS命令具体控制参数定义：

| **速度参数** |  | **分隔符** | **角度参数** |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ASCII示例 | 定义 | ASCII | ASCII示例 | 定义 |
| 79 | 1-120的一个正数 | , | -135 | -180到180的一个整数，其中0-90表示第一象限，0~-90表示第四象限，正西有180到-180的跳变 |

例:@MS120,-90$

@MP命令具体控制参数定义：

| **力度参数** |  | **分隔符** | **方位参数** |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ASCII示例 | 定义 | ASCII | ASCII示例 | 定义 |
| 79 | 1-120的一个正数 | , | -135 | -180到180的一个整数，其中0-90表示第一象限，0~-90表示第四象限，正西有180到-180的跳变 |

例：@MP120,-90$

### 1.3.对声通机（甲板单元）115200

格式说明：

| 固定字符 | 固定字符 | 内容字长 | 固定目的地址 | 发送内容 | 校验低位 | 校验高位 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0X23 | 0X02 | 2字节 | 0X01 | ≤3200字节 | Modbus CRC-16 |  |

内容字长：为两个字节，取值范围为0X0001~0X0C80,即1~3200字节。

发送内容：为前两节定义的协议

## 2树莓派协议

### 2.1对上位机

#### 2.1.1命令应答类

通过网络通信向PC端发送命令应答帧。指令格式如下：

| 固定帧头 | 固定字符 | 固定字符 | 固定字符 | 固定字符 | 功能字符1 | 功能字符2 | 返回内容 | 固定帧尾 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| @ | A | C | K | \_ | \_1 | \_2 | \_3 | $ |

功能字符对应应答命令表：

| 对应回复命令类型 | \_1 | \_2 | \_3 | 说明 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 节点管理类N | N | S | S | 表明节点进程开启关闭完毕 |
| N | I | 一个字符 | \_3该字符是8位，位上为1表示开启0表示关闭。位对应进程见1.1.1 |
| 使命下载类A | A | A | A | 表明成功使能使命文件 |
| A | C | C | 表明成功清空使命文件 |
| A | W | W | 表明成功写入使命文件 |
| 参数设置类S | S | T | T | 表明成功同步时间 |
| S | P | P | 表明成功设置安全参数 |
| 保留 | 保留 | 保留 | 保留 | 保留 |

#### 2.1.2数据回复类

通过网络通信向PC端发送数据上行帧。指令格式如下：

@2025-01-19-23:26:25,120.1535765,30.2874595,20,100,0,0,0,0,0,0,0,36,360,53191,53191,53191,53191,53191,53191,53191,53191,53191,1200,1200,1200,1200,1200,1200,1200$

| **帧头** | **数据格式（ASCII码）** |  |  |  |  |  | **帧尾** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| @VS | 时间戳 | 经度 | 纬度 | 高程 | 地面速度 | 地面航向 | $ |
| 2025-01-19-23:26:25 | 120.1535765 | 30.2874595 | 20 | 100 | 0 |  |
| 艏向 | 俯仰 | 横滚 | 温度 | 深度 | 高度 |  |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |
| 控制电池 | 动力电池 | 前置磁力仪x | 前置磁力仪y | 前置磁力仪z | 左置磁力仪x |  |
| 36 | 360 | 53191 | 53191 | 53191 | 53191 |  |
| 左置磁力仪y | 左置磁力仪z | 右置磁力仪x | 右置磁力仪y | 右置磁力仪z | 左主推PWM |  |
| 53191 | 53191 | 53191 | 53191 | 53191 | 1200 |  |
| 右主推PWM | 后垂推PWM | 左垂推PWM | 右垂推PWM | 舵机1 | 舵机2 |  |
| 1200 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 |  |

‍

### 2.2对STM32

#### 2.2.1运动控制类Z

任意ZA命令将使STM32进入自动模式

通过串口通信向树莓派发送传感器电源控制指令。指令格式如下：

| **命令类型** | **命令属性** | **帧头** | **控制码** | **控制挡位** | **帧尾** | 说明**挡位**单位 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 使命运动控制 | 前进 | @ZA | F | 0~12 | $ | ASCII |
| 后退 | @ZA | B | 0~12 | $ | ASCII |
| 左转 | @ZA | L | 0~12 | $ | ASCII |
| 右转 | @ZA | R | 0~12 | $ | ASCII |
| 上浮 | @ZA | U | 0~12 | $ | ASCII |
| 下潜 | @ZA | D | 0~12 | $ | ASCII |
| 定深 | @ZA | S | ASCII整数 | $ | m |
| 定高 | @ZA | E | ASCII整数 | $ | m |
| 定艏 | @ZA | H | ASCII整数,可以是负值 | $ | 度 |
| 定姿 | @ZA | A | ASCII整数,可以是负值  格式:pitch角,’,’分隔符,roll角 | $ | 度 |
| 定速 | @ZA | V | ASCII整数 | $ | m/s |

注:没有速度传感器,定速无法实现;

#### 2.2.2安全机制类

| **命令类型** | **命令属性** | **帧头** | **控制码** | **控制挡位**  **（一个字符）** | **帧尾** | 说明**挡位**单位 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 使命运动控制 | 紧急停转 | @ZA | X | 0 | $ |  |
| 紧急上浮 | @ZA | W | F | $ |  |

### 2.3.对声通机(水下单元) 115200

格式说明：

| 固定字符 | 固定字符 | 内容字长 | 固定目的地址 | 发送内容 | 校验低位 | 校验高位 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0X23 | 0X02 | 2字节 | 0X02 | ≤3200字节 | Modbus CRC-16 |  |

内容字长：为两个字节，取值范围为0X0001~0X0C80,即1~3200字节。

发送内容：为前两节定义的协议

## 3 STM32协议

### 3.1上行应答类

通过网络通信向PC端发送命令应答帧。指令格式如下：

| 固定帧头 | 固定字符 | 固定字符 | 固定字符 | 固定字符 | 功能字符1 | 功能字符2 | 返回内容 | 固定帧尾 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| @ | A | C | K | \_ | \_1 | \_2 | Y/N | $ |

功能字符对应应答命令表：

| 对应回复命令类型 | \_1 | \_2 | \_3 | 说明 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 电源控制类R(上位机) | R | S | S | 表明成功设置传感器电源 |
|  | R | I | 1个字符 | \_3该字符8位，位上为1表示开启0表示关闭。位对应设备见1.2.1;设备第一个(温深仪)对应字符最低位 |
| 自动运动控制类Z(树莓派) | Z | 控制码 | Y/N | 功能码对应关系见2.2.1 |

### 

### 3.2上行数据类

通过串口通信向树莓派端发送数据上行帧。指令格式如下：

波特率：9600bps

通信模式：周期式

发送周期：2秒

正常情况下数据格式：数据帧长度：86字节（定长，含帧头帧尾）

| **帧头(ASCII)** | **数据格式（二进制数）** | | | | | | **帧尾(ASCII)** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| @SD | 横滚角Roll | 俯仰角Pitch | 航向角Yaw | 温度  °C | 深度  m | 高度  m | $ |
| float32 | float32 | float32 | float32 | float32 | float32 |
| 前磁X | 前磁Y | 前磁Z | 左磁X | 左磁Y | 左磁Z |
| float32 | float32 | float32 | float32 | float32 | float32 |
| 右磁X | 右磁Y | 右磁Z | 左主推PWM | 右主推PWM | 后垂推PWM |
| float32 | float32 | float32 | uint16 | uint16 | uint16 |
| 左垂推PWM | 右垂推PWM | 左舵机  PWM | 右舵机PWM | 控制电池（12V） | 动力电池（48V） |
| uint16 | uint16 | uint16 | uint16 | uint16 | uint16 |
| 校验位  CRC32 |  |  |  |  |  |
| uint32 |  |  |  |  |  |

注:航向角Yaw为AUV与地理北方夹角,0°为正北,-90°为正东,90°为正西,±180°为正南;

横滚角Roll -90~90左倾为负值,右倾为正值;

俯仰角Pitch -180~180前倾为负值,后仰为正值;

磁数据单位为uT;量程为±100uT

CRC校验使用以太网多项式0x04C11DB7,使用STM32硬件校验,软件实现与通常的软件CRC校验不同,见”32CRC校验软件实现.c”