



## Rover X 底层运动控制说明与操作指南



编写	汪步云、束勤平
日期	2023年8月
版本	V1.1, 第2次发布
说明	1.优化惯导与GPS传感器, 2增加机械臂操作说明
审核	梁艺
批准	汪步云

芜湖云擎机器人科技有限公司

# 目 录

<b>1. Rover X 控制系统简介</b> .....	3
1.1 车身结构模块.....	4
1.2 前桥转向模块.....	4
1.3 后桥驱动模块.....	4
1.4 车载机械臂.....	4
1.5 运动控制模块.....	5
<b>2. Rover X 结构与底层控制系统说明</b> .....	5
2.1 底层运动控制系统图.....	5
2.2 Rover X 控制系统组成说明 .....	8
2.3 Rover X 运动控制模块拆解及详细说明 .....	9
<b>3. 嵌入式控制软件程序说明</b> .....	13
3.1 运动控制原理.....	13
3.2 程序架构设计及流程图.....	13
3.3 函数、变量及逻辑关系表达.....	14
<b>4 调试步骤</b> .....	15
4.1 硬件接口说明.....	15
4.2 调试步骤.....	16
4.3 程序下载.....	18
<b>5 其他</b> .....	23
5.1 注意事项 .....	23
5.2 常见问题及说明 .....	24

# Rover X 底层运动控制系统

移动机器人是集环境感知、动态决策与规划、行为控制与执行等多功能于一体的智能系统。由于移动机器人具有承载能力强、定位精准、能源利用率高等优点，兼具室内与户外作业通用性，广泛用于工业物流自动化搬运应用（AGV）、巡检等。全地形移动机器人可面向户外多种作业场景，实现多地形作业。此外，移动机器人可搭载多种作业工具或信息感知组件，拓展为多任务通用作业平台，例如信息感知移动平台、安全巡防等移动平台。

芜湖云擎机器人科技有限公司研制的 Rover X 全地形移动机器人，为用户提供集底层运动控制、环境感知、定位与导航等多功能于一体的智能移动平台，可用于教学、科研和大学生竞赛。

在教学方面，Rover X 移动机器人作为教学平台，支持包括《嵌入式系统与应用》、《ROS 机器人操作系统》、《移动导航与控制》等课程教学和课内实验，可开展“项目制”教学，开展个性化的综合实验和毕业设计，提供教材和实验指导书等相应的教学资源。

在科研方面，Rover X 平台借助支持 Ubuntu 和 ROS 系统，支持激光 SLAM、磁导航+二维码、GPS 导航以及多传感器融合等多种算法开发，底层嵌入式控制器具备多种接口，可扩展多种传感器与作业工具，方便用户二次开发；可用于科研与实验测试，适用多种场景，如巡检、物流配送、信息检测等。

在学科竞赛方面，支持包括机器人与人工智能(智能巡检)在内的多个赛项，提供相应技术支持、资料及教学视频。

## 1. Rover X 控制系统简介

Rover X 基于上下位控制架构，主要由上位机(mini 工控机)，下位机(嵌入式控制器)组成。上位机基于工控机，下位机基于 STM32 核心板+扩展板构成。上位机支持支持 Ubuntu 和 ROS 系统，完成未知环境下的建图、路径规划、定位与导航，下位机具有硬件接口电路、提供串口/CAN、底层运动控制代码，实现多轴协调运动控制。

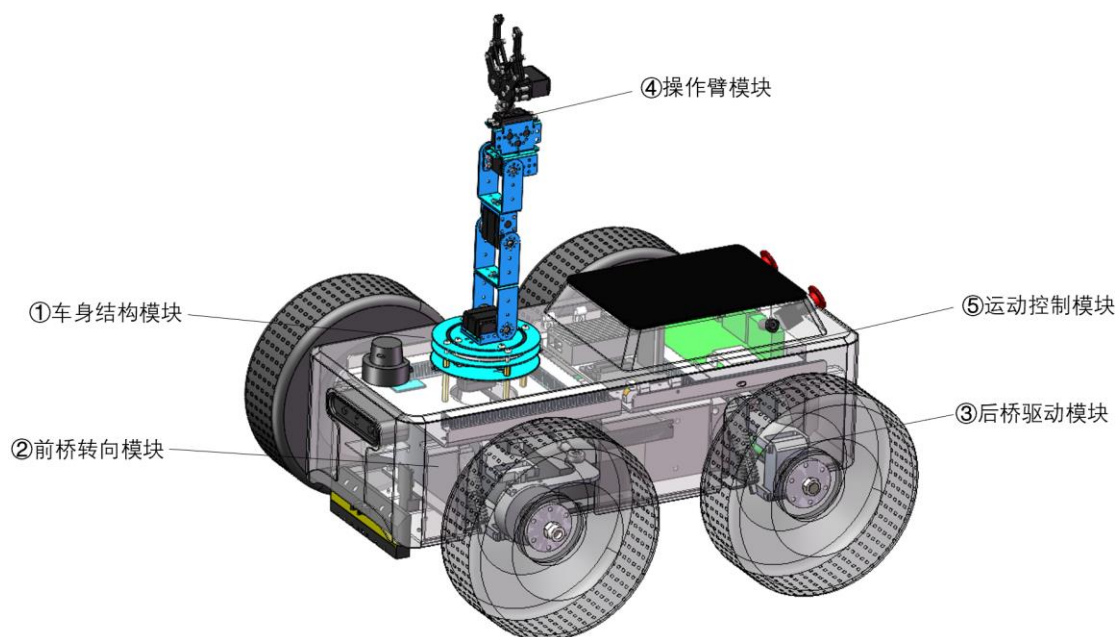


图 1 Rover X 机器人产品模块组成

### 1.1 车身结构模块

车身采用 Q235 薄壁钢板材料，通过钣金折弯工艺形成承载式一体化车身，车身结构刚度和强度较高，具备大负载和抵抗运动冲击能力，整体制造精度较高，装卸简单方便。

### 1.2 前桥转向模块

前桥转向模块由阿克曼转向、双横臂独立悬挂、高负载充气橡胶轮组成。阿克曼转向实现车身精确线控转向执行，减少车身滑动摩擦力，降低橡胶轮组表面磨损。双横臂独立悬挂提高车身对各种复杂路面的通过能力，减少车身行走过程中的运动冲击和能量损失。高负载充气橡胶轮组总体最大负载能力 480kg。

### 1.3 后桥驱动模块

后桥驱动模块由减速直流伺服驱动、万向节变位传动、双横臂独立悬挂、高负载充气橡胶轮组成。减速直流伺服驱动传动效率高，结构紧凑，提高了车身行走驱动能力。万向节变位传动优化车身轮组布局，实现电机与车轮等速传动，减少车身振动。

### 1.4 车载机械臂

车载机械臂作为移动机器人的作业工具，与车身结构模块机械复合使用，其

关节配置 6 个总线舵机驱动，底部腰关节舵机具备 25kg 扭力，机械臂可以抓取一定重量的物品。

## 1.5 运动控制模块

运动控制模块主要由上位机(mini 工控机)，下位机(嵌入式控制器)组成。上位机基于工控机，下位机基于 STM32 核心板+扩展板构成。上位机支持支持 Ubuntu 和 ROS 系统，完成未知环境下的建图、路径规划、定位与导航，下位机具有硬件接口电路、提供串口/CAN、底层运动控制代码，实现多轴协调运动控制。

## 2. Rover X 结构与底层控制系统说明

### 2.1 底层运动控制系统图

Rover X 底层控制系统由嵌入式控制器、电源模块、人机界面、运动控制模块(转向舵机+驱动电机)、传感器系统、机械臂组成，如图 2 所示，移动机器人各模块组成及参数如表 1 所示。

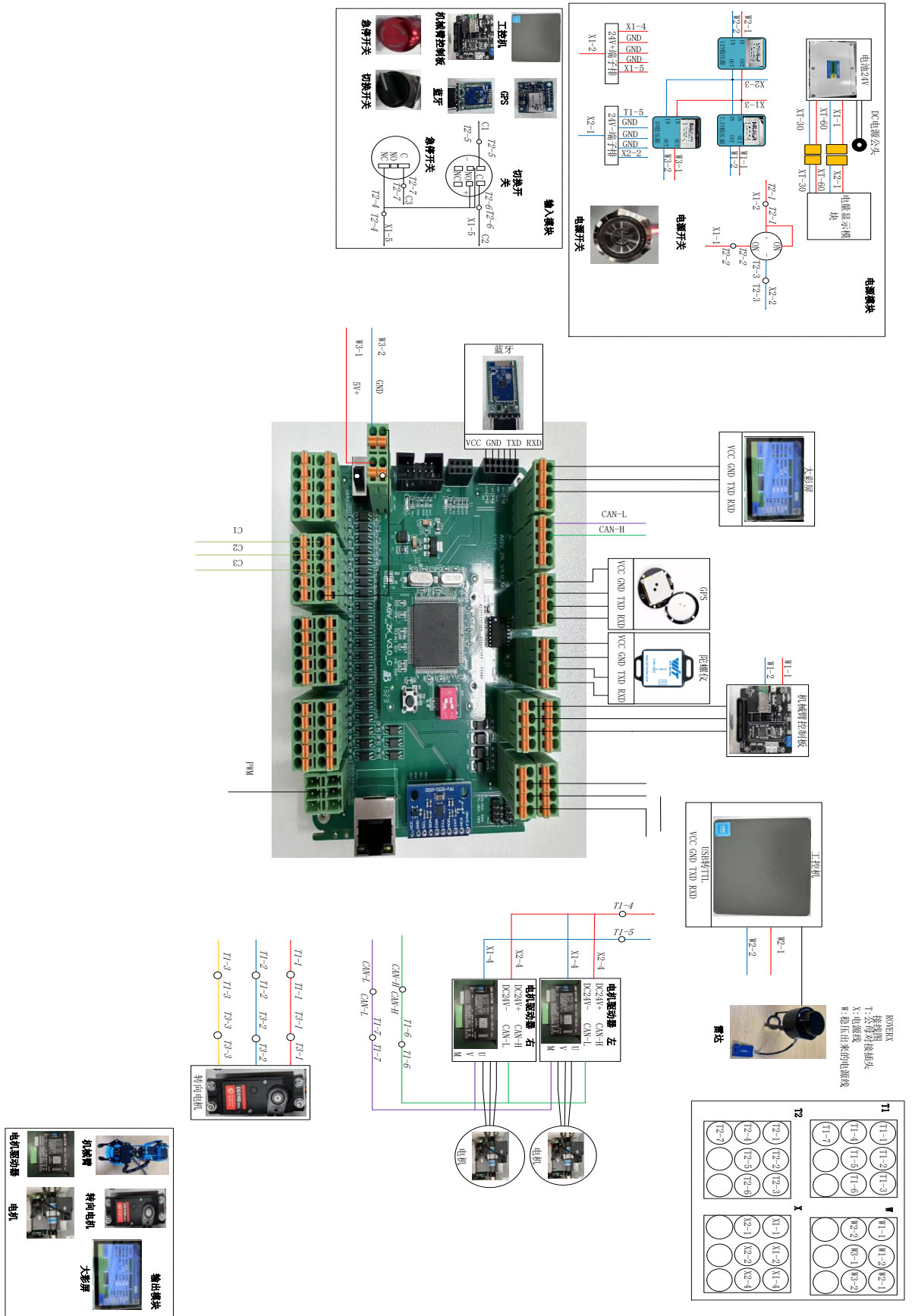


图 2 Rover X 底层运动控制接线图及线束说明

表 1 Rover X 底层运动控制系统详细配置

Rover X 底层运动控制系统说明			
<b>嵌入式控制器</b>			
CPU 芯片	STM32F407ZET	架构	核心板+扩展板
串口通信	485 串口*4 232 串口*1 TTL 串口*1	CAN	2 路
网口	1 路	PWM	8 路输出
SPI/ I <sup>2</sup> C	各 1 路	手机蓝牙连接	支持
供电电压	9-40V	程序下载	ST-Link
输入(光耦隔离) 共阴极/共阳极	16/	输出(光耦隔离) 共阴极/共阳极	16/
<b>电源模块</b>			
<b>动力电池</b>			
电池电量	6Ah	对外供电	5V/2A, 24V/1A
充电电压	AC220V	充电/续航时间	3h/2h
<b>稳压模块</b>			
输入电压	8~40V	输出电压	5V/7.4V/12V
输出最大电流	5A	重量	45g
尺寸	57.5*24.5*20mm		
<b>传感器模块</b>			
激光导航 (镭神 M10)	2D SLAM 原理: TOF 测距; 扫描频率: 6-12 Hz; 测量角度精度: 0.48°-0.96°可 调; 输出数据分辨率: 15mm、测量 距离精度: ±3cm (0-6m); ±4.5cm (≥6m)。(70%反射率目 标物); 光源: 905nm 近红外激光; 电压 DC5V (4.75-5.25V); IP 等级: IPX4; 抗环境光: 30K Lux; 通信接口: 标准串口 (波特率 230400bps)。	GPS	定位类型: 频率 GPS、 GLONASS、BeiDou、Galileo; 定位精度: 静态≤1.5米CEP; 动态≤1.0米CEP; 速度精度: 坐标基准 WGS-84 0.1m/s; 运动限制: 高度<18000m, 速度<515m/s, 加速度<4g; 支持数据格式 NMEA 0183, 通 讯协议 UBX 协议。
磁导航*(选配)	16 位, ±20mm	惯导	加速 度计 参数 位置精度: 2mm/m 分辨率: 0.0005(g/LSB)
二维码*(选配)	分辨率 800*800, 帧率 100fps		陀螺 仪参 数 量程: ±2000°/s 分辨率: 0.061(°/s)(LSB)
			磁力 计参 数 量程: ±2Guss 分辨率: 8.333nT/Guss
			测速精度: <1m/s 方向角精度: <1°/m 输出内容: 片上时间、3 轴加速 度、3 轴角速度、3 轴磁场、3 轴 角度、四元数
<b>人机界面</b>			
旋钮开关	模式转换(遥控/自动循迹)	按键/急停	启动/紧急停止
电量显示屏幕	工作电压: 10-100V, 电压精度: ±0.5V, 显示尺寸: 33*16.5mm		

运动控制输出			
转向舵机		驱动电机	
工作电压	7.4V	额定功率	60W
空载转速	0.15sec/60°	额定转速	3000rpm
堵转扭矩	65 kg-cm	额定转矩	6.53Nm
堵转电流	5A	工作电压	DC24V (±20%)
控制方式	PWM	控制方式	CAN
作业机械臂(LEARM)			
最大有效负载	500 g	质量	1.24kg
自由度	6	延伸	465mm
功耗	最高 20W	转动范围	0-180°
速度	关节 1: 0.39sec/60° 关节 2、3: 0.25sec/60° 关节 4、5、6: 0.16sec/60°	驱动电压	DC 7.4V
控制方式	支持 ps2 手柄/Android 手机, APP/IOS 手机 APP/电脑控制		

## 2.2 Rover X 控制系统组成说明

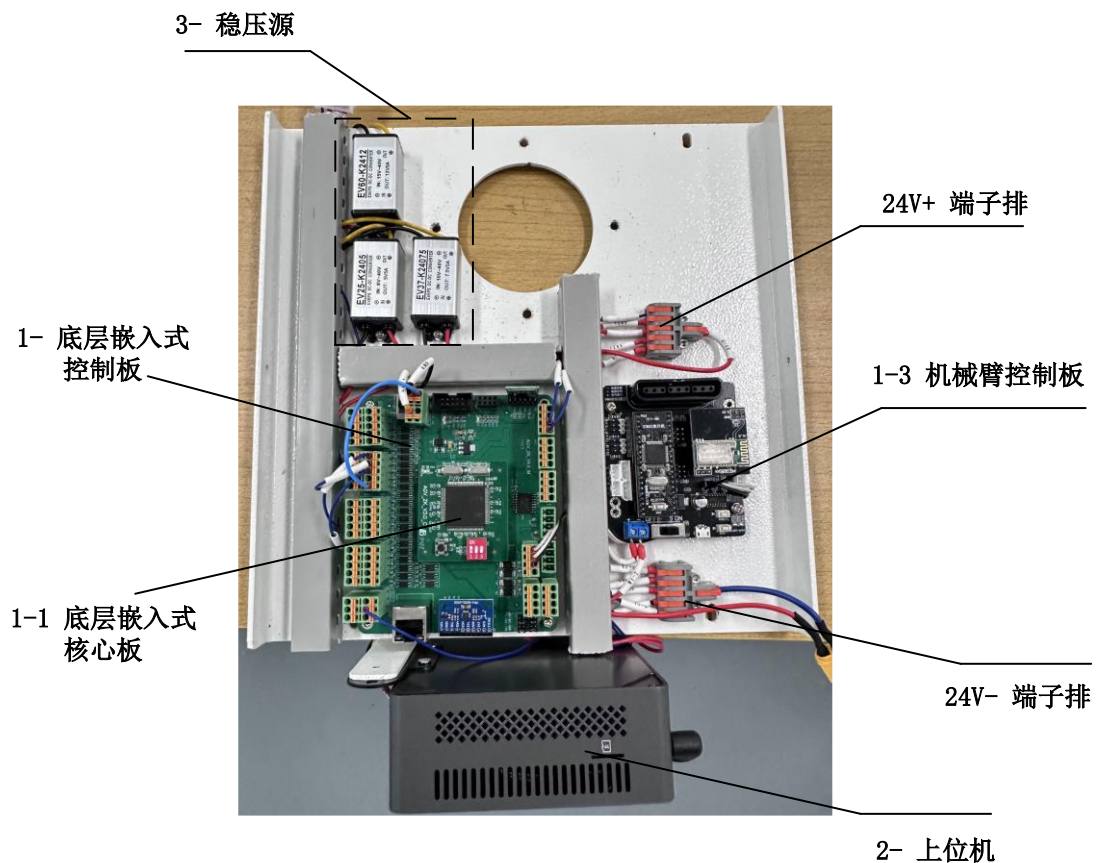


图 3 运动控制模块组成

运动控制模块：主要 1-下位机模块、2-上位机模块、3-稳压源等组成。1-下位机模块包含 1-1 车控核心版、1-2 车控扩展版、1-3 臂控制版部分。1-1 车控核心版、1-2 车控扩展版采用分布式插针连接。1-1 车控核心版实现前桥转向模块、



后桥驱动模块的运动控制，1-3 机械臂控制版实现操作臂模块的运动控制。2-上位机模块支持 Ubuntu 和 ROS 系统，通过激光雷达、深度相机采集环境信息，并在开发软件模块上，完成运行环境下的建图、路径规划、定位与导航任务。

### 2.3 Rover X 运动控制模块拆解及详细说明

运动控制模块硬件连线图 4 所示。

(1) 1-下位机模块硬件连线：1-下位机 STM32F4 开发板分为 1-1 核心板和 1-2 扩展板 1-2，其供电的电压是电池直接出来的 24V。伺服电机的驱动器供电电压为 24V，通信方式是通过 CAN 与 1-开发板进行通讯。转向舵机扭矩为 60kg-cm，供电电压 7.4V。通过 PWM 与 1-开发板实现通讯。操作臂是由六个舵机的关节组成，每个舵机的控制方式是 PWM。六个舵机连接到 1-3 臂控制板上，由 1-3 臂控制板控制机械臂运行。1-3 臂控制板的电压为 7.4V。扩展传感器:磁导航传感器输出接口有 8 路 NPN 开漏输出 IO 口、RS232。传感器可通过 IO、串口获取开关量的信息，可通过串口访问内部寄存器信息获取模拟量信息。4V 电源供电。小车电池选用三元锂电池，电池电压 24V，容量 6Ah。

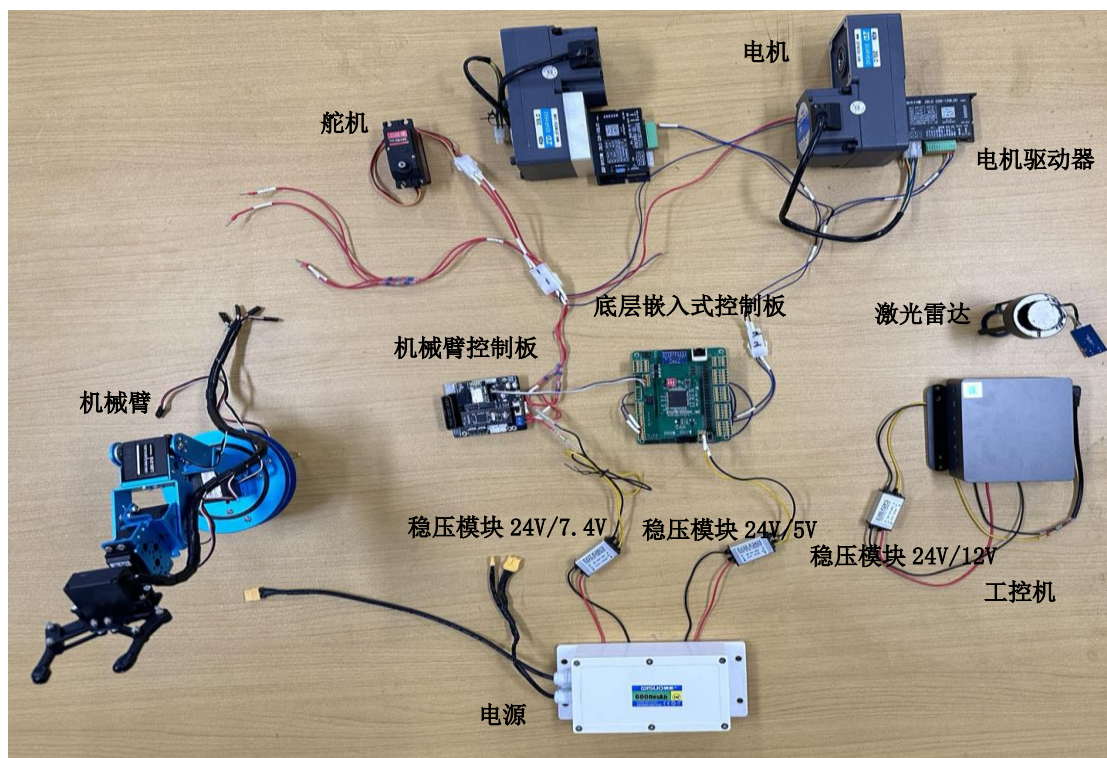


图 4 运动控制模块拆解图

(2) 2-上位机模块硬件连线：2-上位机选用 mini 工控机,其基于 12 代 Intel N100 高速芯片组，有强大的性能，接口包含两个 USB2.0、USB3.0。供电电压为

5V。工控机的外壳选装有两个散热风扇，保证设备长时间稳定运行。激光雷达 n10 为单线雷达。测距的原理为 TOF 测距，支持 ROS1 与 ROS2。通信接口为标准串口，波特率为 230400bps。供电方式为 USB 接工控机，直接提供 5V 直流电压供电。双目摄像头包含一个彩色 200W 像素的 RGB 摄像头和一个 200W 像素的红外摄像头，由 USB5V 供电，兼容 Linux 下的 Ubuntu 系统等。

Rover X 底层运动控制系统，线路连接如下图所示。

(1)按顺序将底板、1-开发板、1-3 臂控制板、2-树莓派、3-两个稳压模块、导轨排列好。

(2)裁剪线槽的长短，用螺丝固定各个元器件的位置。1-开发板、1-3 臂控制板需要用铜螺柱垫高。



图 5 运动控制模块安装

(3)按照接线图先接好电源出线的几根接头，焊接连接好电量显示。(注意电机出线正负极一定不能短接)

(4)在底座上排布好电池以及两个驱动器的位置。

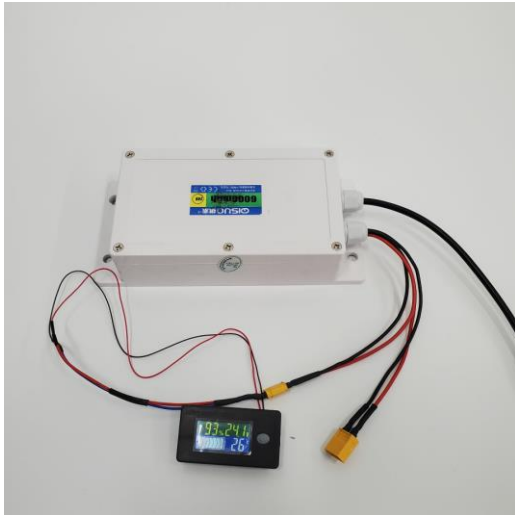


图 6 电源模块拆解图

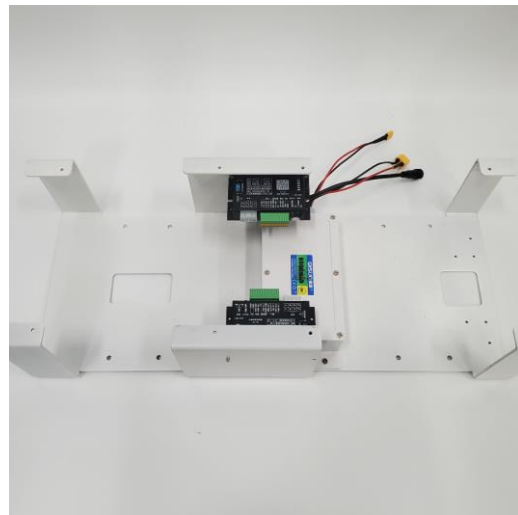


图 7 电机驱动器拆解图

(5)安装好前桥转向模块与后桥驱动模块。大致确定各个元器件的安装位置以及导线的大致长度。

(6)用四根导线连接驱动器的电源正负极以及 CAN-H、CAN-L,导线的另一端预留出足够的长度。(电源正负极接反会损坏驱动器)



图 8 电机驱动器连线图

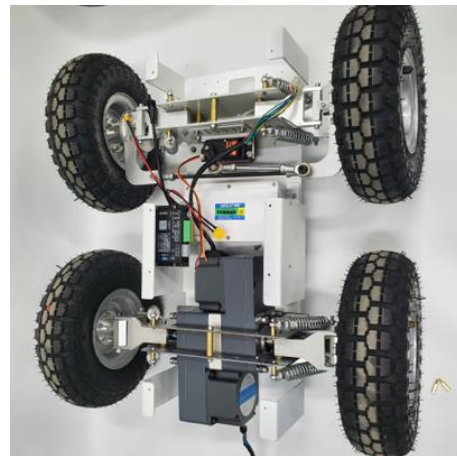


图 9 运动控制模块拆解图

(7)在车身结构模块上安装固定好两个驱动器。

(8)将运动控制模块安装板连接到车身结构模块上。

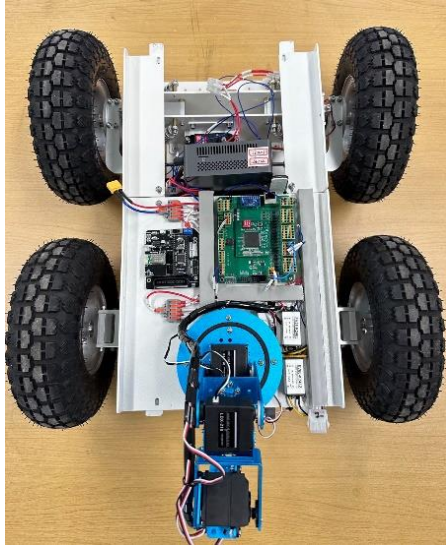


图 10 Rover X 小车控制模块安装图



图 11 整车安装完成图

(9)对照接线图接好其他的线路，整理好线束。

(10)连接摄像头、雷达、操作臂等外设，安装车身结构模块-外壳以及连接好外壳上的开关线束。

### 3.嵌入式控制软件程序说明

#### 3.1 运动控制原理

Rover X 小车运动控制为阿克曼转向驱动模型。

即角度与速度的转换。角度：阿克曼。速度：后桥驱动电机。

#### 3.2 程序架构设计及流程图

##### 3.2.1 前台主程序

底层运动控制程序按照前后台架构编写，前台程序流程图如图 3 所示。

##### 3.2.2 后台服务程序

后台程序主要包括服务子程序与中断服务程序，流程图如图 4 所示。

###### (1)服务子程序。

包括按键、人机界面、电池、电机控制等程序。

###### (2)中断服务子程序。

包括定时器服务子程序。

以上后台服务子程序详见底层运动控制程序源代码。

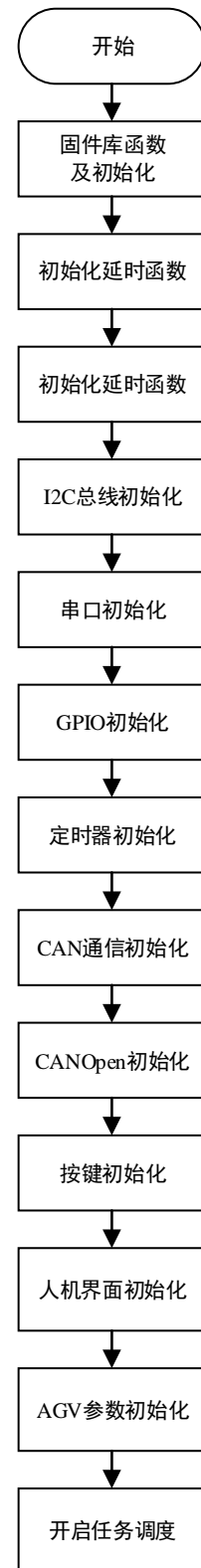


图 12 前台主程序流程图

### 3.3 函数、变量及逻辑关系表达

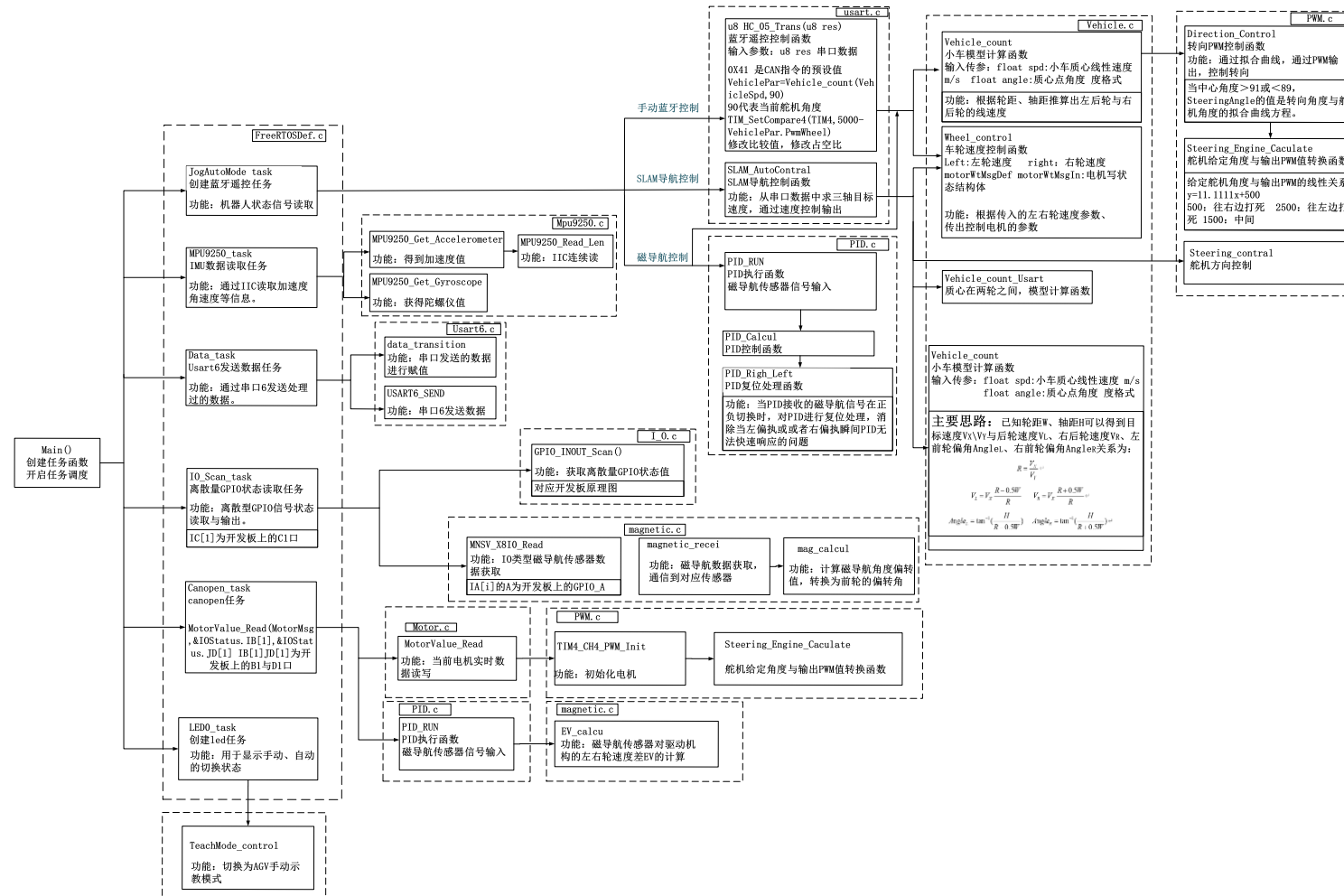


图 13 Rover X 底层运动控制程序架构及函数流程图

## 4 调试步骤

### 4.1 硬件接口说明

(1)上位机接线。上位机的供电是通过 24V 电源经过 12V 的稳压模块供电。



图 14 Rover X 上位机供电接线图示

(2)机械臂控制板接线。机械臂控制板的供电是通过 24V 电源经过 24-7.5v 的稳压模块进行供电。操作臂上的六个舵机按照从上到下的顺序接到臂控制板的 1-6 引脚。

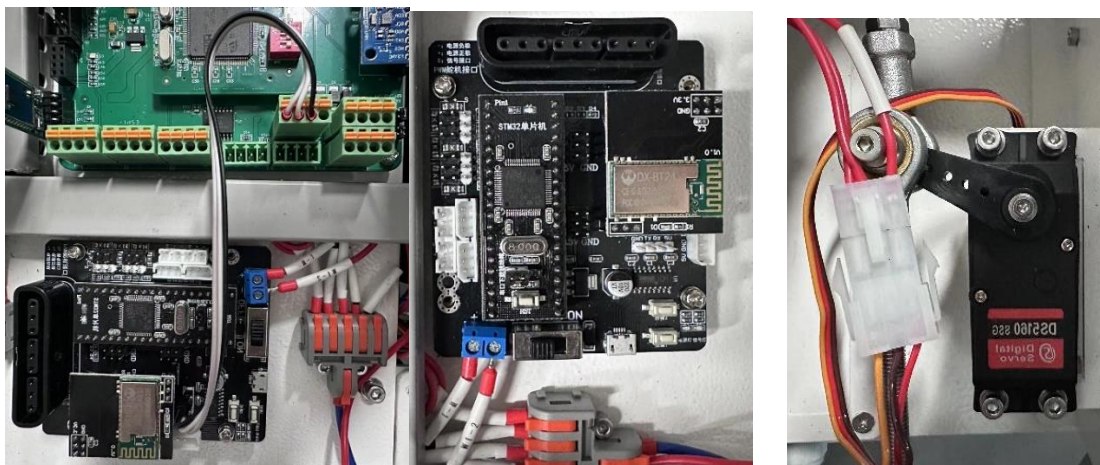


图 15 Rover X 机械臂供电接线图示

图 16 转向舵机供电接线图示

(3)转向舵机的供电。转向舵机出场的三根线红色为正，棕色为负，黄色是 PWM 信号线。转向舵机的供电电源经 24-7.5V 的稳压模块进行供电。

## 4.2 调试步骤

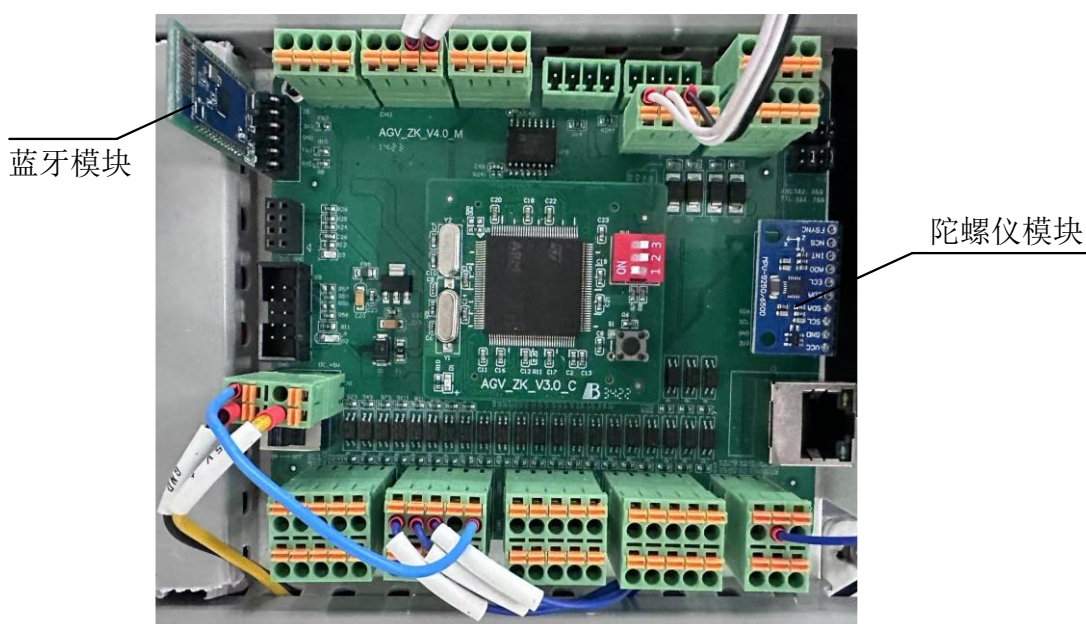


图 17 底层运动控制器安装通讯模块

(1)模块加装：小车通过蓝牙可以手机遥控，通过 MPU6050 采集 IMU 等数据。在控制板上安装 HC05 蓝牙模块与 MPU6050 模块，安装位置如图 3 所示。

(2)APP 控制：机器人支持 APP 蓝牙控制以及在线调参。在 APP 模式中，直接使用摇杆控制机器人在空间中的运动。APP 控制机器人运动的速度单位是 mm/s(毫米/秒),摇杆的斜上方的加速和减速按键，每按下一次机器人的速度增加/降低 100 (mm/s)。APP 在控制机器人的同时，机器人会通过蓝牙(APP 同时支持 WIFI 和蓝牙通信)发送数据给手机。

1) 安装手机蓝牙 APP 文件，先压缩文件解压。

名称	修改日期	类型	大小
2023.4.25 第四代板子 - 副本	2023/5/6 15:45	文件夹	
2023-06-研究生补贴明细表	2023/7/14 10:43	Microsoft Excel ...	17 KB
2023年研究生6月份补助	2023/7/17 10:34	Foxit PDF Reade...	223 KB
base.apk	2023/5/8 10:59	APK 文件	3,079 KB
base	2023/7/18 9:14	WinRAR 压缩文件	2,584 KB
Rover X 底层运动控制程序	2023/6/26 14:57	WinRAR 压缩文件	28,411 KB
第四部分-程序下载(1)	2023/7/14 10:25	Microsoft Word ...	1,031 KB
第四部分-程序下载(2)	2023/7/14 10:25	Microsoft Word ...	1,031 KB
第四部分-程序下载(3)	2023/7/17 14:17	Microsoft Word ...	1,173 KB
第四部分-程序下载(4)	2023/7/17 14:17	Microsoft Word ...	1,173 KB
第四部分-程序下载	2023/7/5 9:03	Microsoft Word ...	616 KB
分析	2023/7/10 11:00	Microsoft Word ...	994 KB
高校统发管理系统	2023/7/10 17:03	应用程序	10,747 KB
基于阿克曼原理的智能轮椅动力学分析与...	2023/7/10 15:59	Foxit PDF Reade...	2,467 KB
模块2 Rover X底层运动控制	2023/6/29 11:36	Microsoft Word ...	20,075 KB
一种瞬心可调式变刚度柔性膝关节外骨骼...	2023/6/29 13:53	Microsoft Word ...	696 KB

图 18 解压文件



图 19 APP 安装

2)将解压好的 APK 文件发送给手机并打开,如图 2 所示。



3)蓝牙连接。打开手机蓝牙设置，点击 APP 界面左上角的三条横线，再点击搜索设备，找到所需设备进行连接。



图 20 APP 界面



图 21 搜索设备



图 22 手机 APP 界面显示(已连接成功)

如图 22 所示，连接成功后会显示已连接。若界面显示未连接，需转动开关旁的旋钮进行蓝牙重置即可。



图 23 蓝牙重置



图 24 APP 界面-减速/加速设置

4)手机 APP 遥控。机器人支持 APP 蓝牙控制以及在线调参。在 APP 模式中直接使用摇杆控制机器人在空间中的运动。APP 控制机器人运动的速度单位是 mmm/s(毫米/秒)。摇杆的斜上方的加速和减速按键，每按下一次机器人的速度增加降低 100(mm/s)。APP 在控制机器人的同时，机器人会通过蓝牙(APP 同时支持 WIFI 和蓝牙通信)发送数据给手机。

(3)STM32 向 ROS 发数据：ROS 和 STM32 控制器（运动底盘）之间通过串口实现通信，STM32 控制器使用的是串口 3，波特率是 115200。通信协议包括：STM32 控制器向 ROS 发送数据，工控机中的 ROS 向 STM32 控制器发送数据。打开 STM32 控制器的源码，关于串口通信的代码都在 STM32 控制器的 usartx.c 文件。

(4)STM32 接收 ROS 发送过来的数据：接收数据采用中断接收的方式，接收的数据包括机器人产品信号、使能控制、标志位、机器人三轴目标速度、数据校验位。

### 4.3 程序下载

#### 4.3.1 硬件连接

Rover X 车载端 STM32 控制器可以通过串口下载程序。串口通过 USB 数据线下载，ST-link 另一端与电脑相连接。

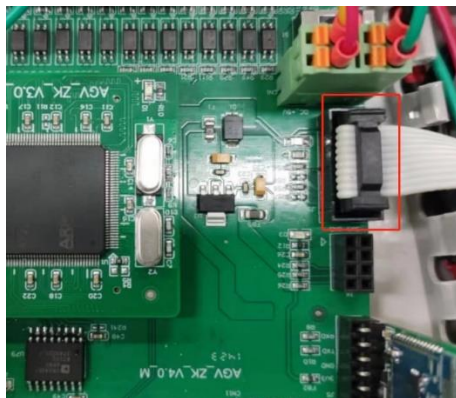


图 25 ST-link 与 Rover X 连接

图 26 ST-link 与电脑端的连接

### 4.3.2 驱动安装

安装 ST-link，双击 dpinst\_amd64.exe，如图 27 所示。安装成功后，可以在通用串行总线设备中看到，如图 28 所示。

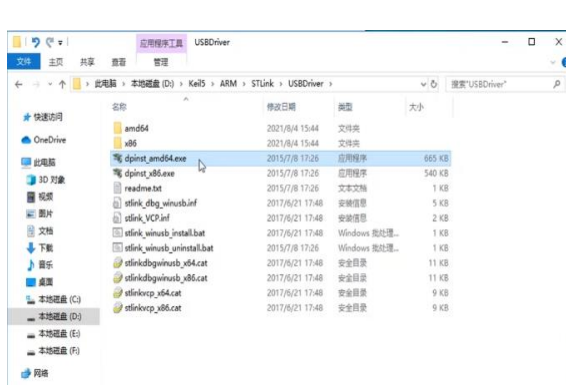


图 27 ST-link 驱动安装

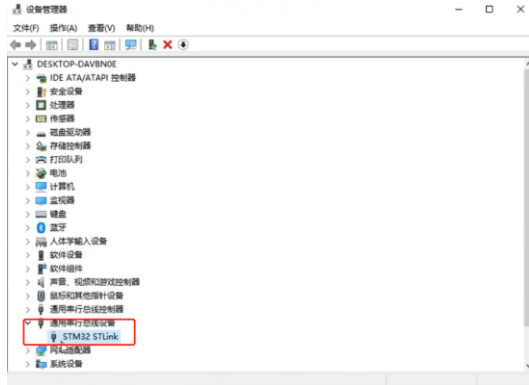


图 28 驱动安装成功

安装 USB 转串口 CH340 驱动，点击安装。

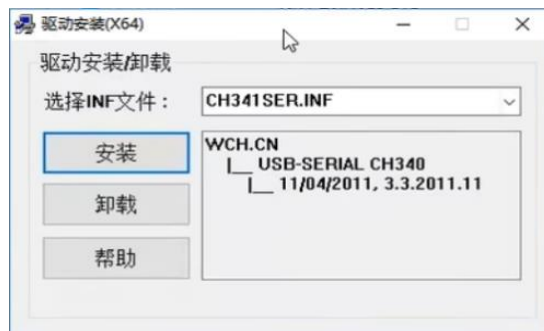


图 29 USB 转串口 CH340 驱动

### 4.3.3 数据下载

打开 Keil 软件，在 Debugger 选项卡中选择 ST-Link Debugger。

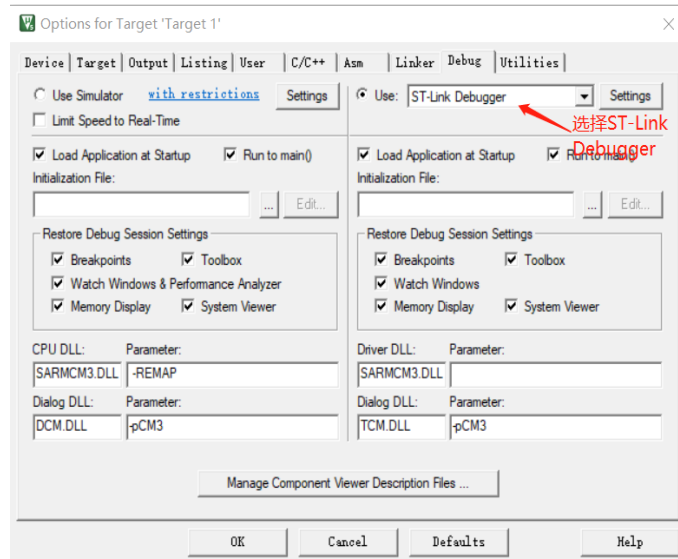


图 30 调试器选择

在选择完调试器之后，点击右边的 Setting 按钮，出现如下界面：Port 选项中选择 SW。

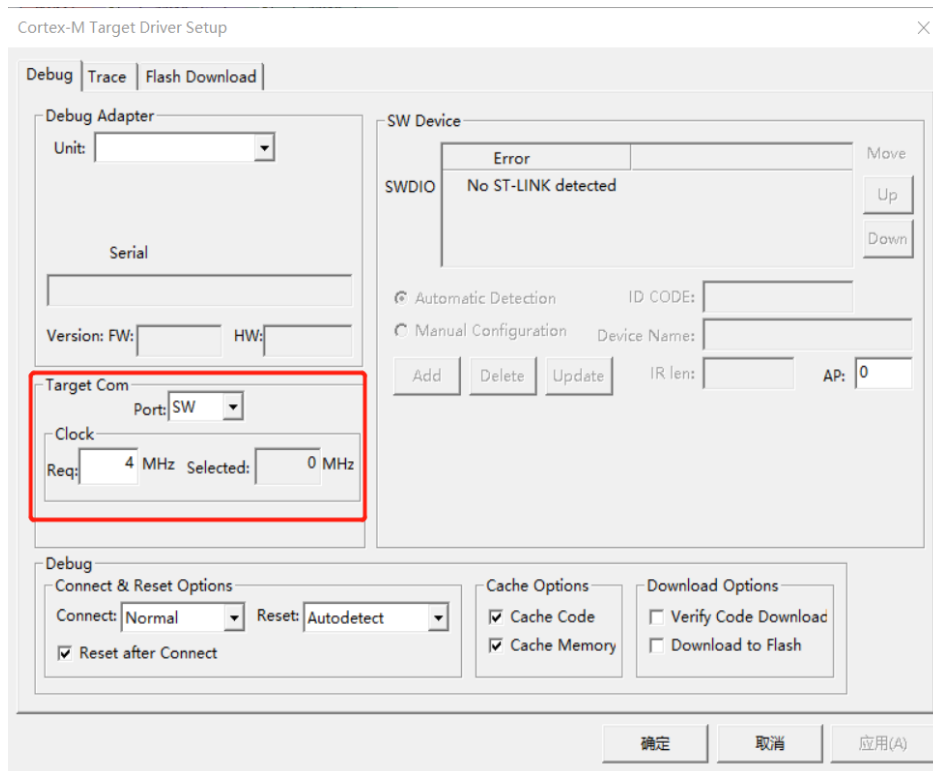


图 31 Port 选项

程序编译后，没有报错，即可下载，如图 32 所示。

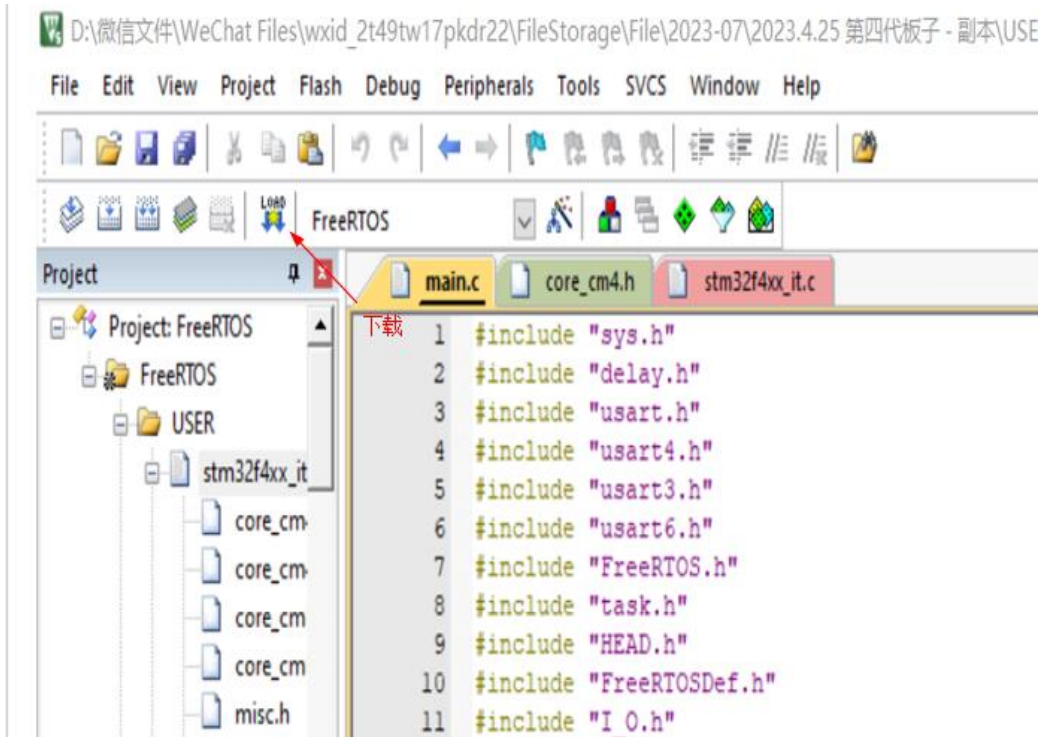


图 32 程序下载

#### 4.3.4 基于串口通信的车载机械臂运动控制

##### (1) Rover X 车载机械臂供电

步骤 1: 连接电源, 推动开关, 将设备开启。LeArm 使用套件附带的电源适配器 (7.5V 3A) 供电。

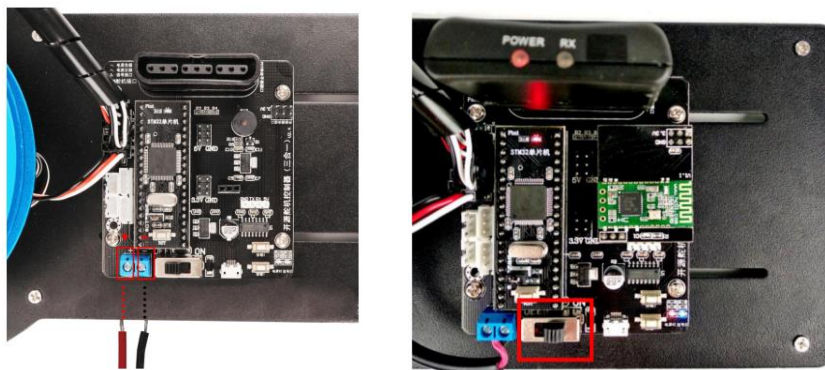


图 33 车载机械臂控制板电源接线及电源开关

##### (2) Rover X 车载机械臂运动轨迹存储

步骤 1: 使用 micro-USB 线缆的连接控制板上的 USB 串口和计算机上的 USB 接口, 如下图所示:



图 34 车载机械臂控制板下载口连接及 COM 端口设置

步骤 2: 设置 COM 端口。根据设备管理器里的串口号选择 COM 端口 (在这里示例端口为 COM66, 每台电脑可能会不一样, 根据自身电脑选择即可。端口如果出现 COM1, 一般为系统通信端口, 并非开发板的实际端口)。点击波特率, 选择波特率为 9600。

步骤 3: 运行机械臂上位机程序, 出现如下图所示上位机窗口界面。

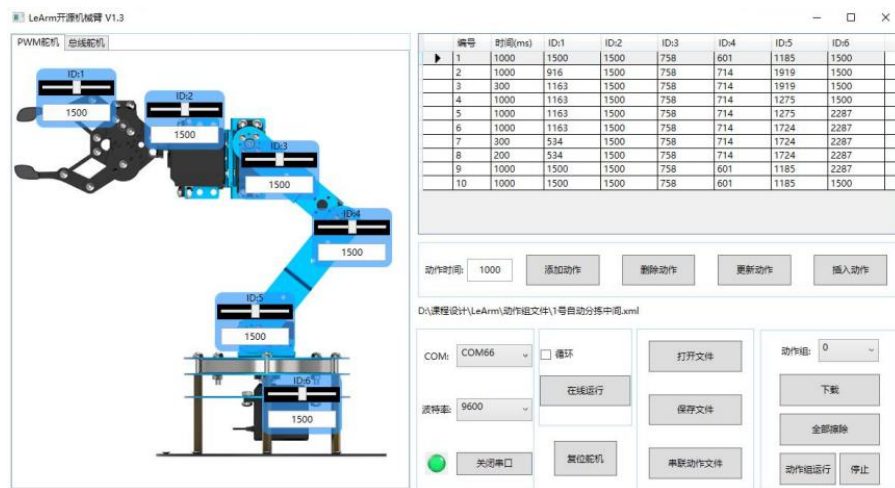


图 35 车载机械臂上位机程序及动作组配置

步骤 4: 动作组下载学习, 实现将编辑好的动作组文件, 下载到机械臂中。我们可以编辑动作组以及列表, 记录了我们完成动作的各个舵机参数

单击“动作组运行”按钮, 可以运行机械臂保存的当前编号的动作组, 单击“停止”按钮, 将停止机械臂当前运行的动作组。

动作组编组可以从 0 号到 230 号。根据动作组可实现动作设计, 运用机械臂在运动空间内完成轨迹规划、抓取等动作, 完成分拣、取放货物等典型作业功能。

单击“全部擦除”按钮，机械臂中保存的所有动作组都将被删除掉。

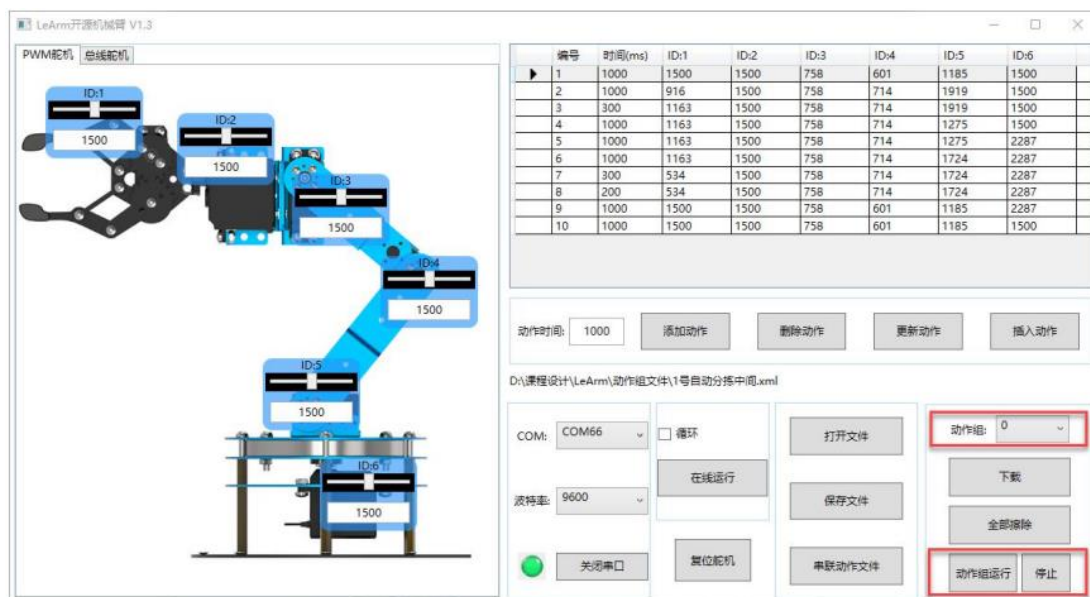


图 35 车载机械臂动作编组、串联等操作

串联动作：将动作文件功能串联，实现动作组的合并，串联不能超过 255 个动作。通过“串联动作文件”按钮，选择相应的动作组文件串联，可以点击“在线运行”按钮，将串联的新的动作组在线运行，方便调试。

车载机械臂亦可通过手机 APP 完成相应控制功能，具体详见机械臂说明书。

### (3) 车载机械臂串口通讯与运动控制

在上述机械臂动作编组、串联保存之后，记录保存诸如抓取、轨迹规划等运动编号。在此基础上，若 Rover X 到达指定位置，车控上位机将根据定位信息，向底层运动控制器发出串口指令，以选取动作编组，实现车载机械臂的移动作业，详见 Rover X 车控程序。

## 5 其他

### 5.1 注意事项

- (1) 电气接线的过程中，电子元器件的正负极不能接反。以免损坏元器件。
- (2) 电池的接线过程中，留意正负极不能短接。
- (3) 在通电之前，检查各个元器件的接口是否正确。
- (4) 开发板上禁止放置导电的物品，以免通电的时候发生短路。

## 5.2 常见问题及说明

### (1)后桥驱动电机不运转。

说明：应按照操作说明，为驱动器写入 CAN 协议参数，同时拨码开关拨到档位。

### (2)手机遥控器不能实现控制。

说明：旋钮开关应打到相应档位。

如有其他问题，欢迎交流，我司将做好培训与技术支持。