

目录

一. 参赛队伍简介	3
I. 参赛队及队名简介	3
II. 队员组成及分工	3
二. 机器人的基本设计思路	4
I. 基本功能	4
II. 整体概述	5
三. 机器人的具体技术实现	6
I. 机械部分	6
1. 底盘结构	6
2. 机械臂结构	7
3. 旋转储物筐结构	10
4. 机械结构可行性	12
II. 电路部分	15
1. 主要电路框图	15
2. 主控模块	16
3. 电源管理模块	18
4. 电机及驱动	19
5. 电动推杆	22
6. 旋转角度传感器	23
7. 舵机	24
8. 红外循迹阵列	25
9. 激光测距模块	26
10. 姿态传感器	26
11. RFID 模块	27
III. 控制部分	29
1. 比赛流程	29
2. 麦克纳姆轮控制原理	32
3. PID 控制	35
4. 机械臂控制	36
四. 制作时间进度安排	37
五. 项目预算	38

一. 参赛队伍简介

I. 参赛队及队名简介

我们的队伍名称是“蒙的全队”，“队”的谐音为“对”，希望在任何未知情况下，我们的猜测或者选择都是正确的，寓意比赛一帆风顺，稳拿名次；表达我们队不畏未知挑战，勇于探索和拼搏的精神。

II. 队员组成及分工

姓名	学号	分工
		机械结构设计、电路设计
		机械结构设计、机械加工组装
		电路调试、程序优化
		电路调试、程序设计调试
		机械加工组装、程序设计调试

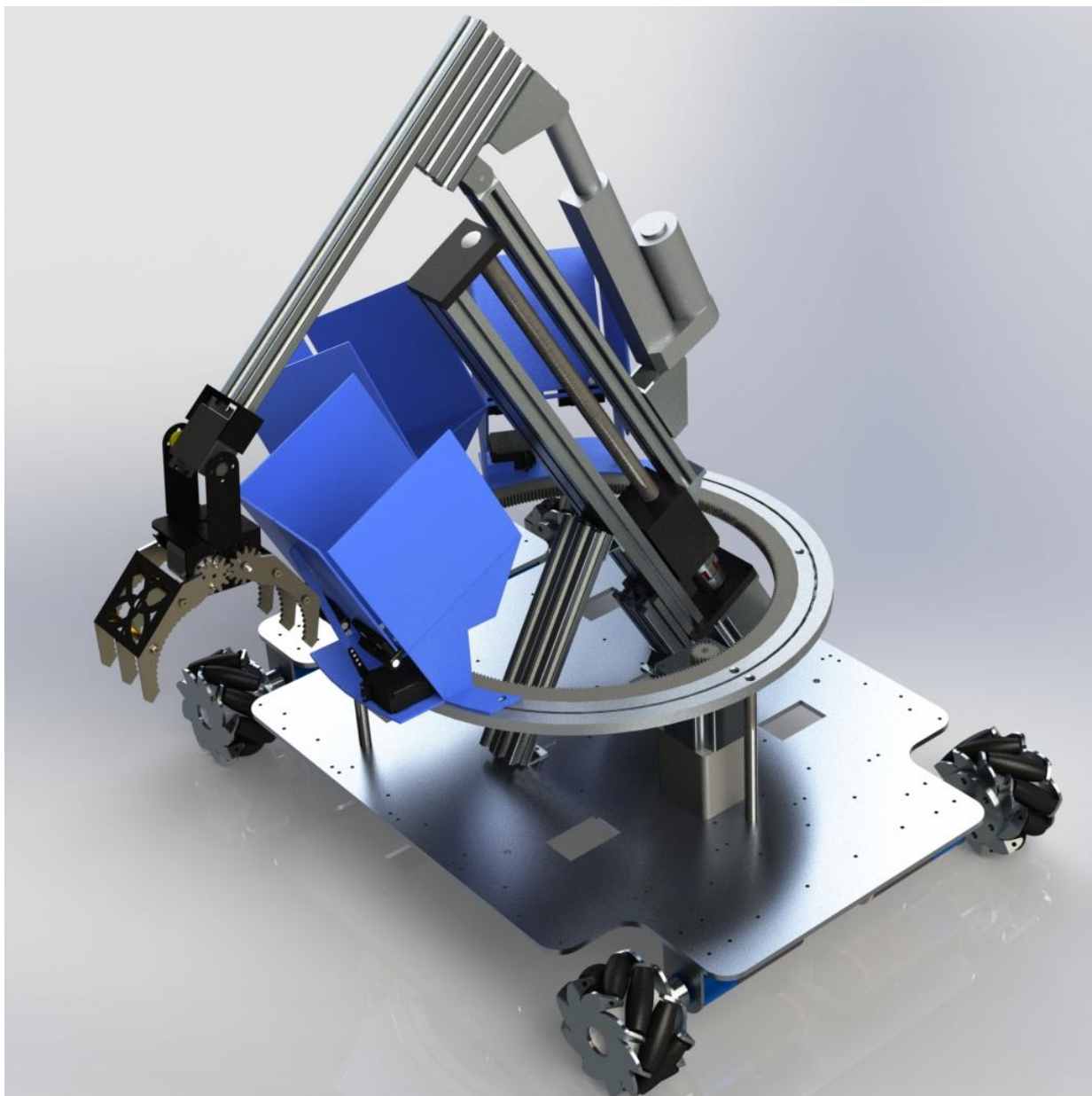
二. 机器人的基本设计思路

I. 基本功能

为完成比赛项目，机器人需具备以下功能：

- 较为精确的运动
- 在 15° 斜坡上悬停
- 抓取、储存、放置物块
- 对黑线、立柱等环境的感知
- 对物块、目标框的 RFID 的识别

经过一个月的思考和讨论，初步形成方案，最终效果图如下：



整机渲染图

II. 整体概述

【绕行障碍】

在第一个障碍区，考虑到麦克纳姆轮的使用以及底盘上传感器的安装，故选择**绕开条形障碍物**。

【对称设计】

考虑到左右场地的镜像对称性，机器人功能上采用**前后对称**的设计，故选择前或后为前进方向可分别完成左右场的比赛。

【麦克纳姆轮】

麦轮的全向移动使车体灵活行进，快速变向，同时充分发挥车体对称性，节约比赛时间。

【共轴杆悬挂】

较独立悬挂简单，同时可以保证四轮始终着地，增加了车体行驶（尤其在斜面上行驶）时的稳定性，减少因轮胎打滑导致的运动偏移。

【多自由度机械臂】

采用轨道滑台+电动推杆+二自由度机械爪的装置，针对不同立柱不同高度物块，调整各部分长度或姿态，准确抓取、放置物块。

【编码电机闭环控制】

运用 PID 算法，通过编码器实现对直流减速电机的闭环控制，精确控制车体行进速度，辅助实现巡线，抓取、存放物块等功能。

【红外循迹阵列】

车底安装**自主设计制作**的红外循迹阵列较为精确地检测黑线位置以辅助巡线以及车体的定位。

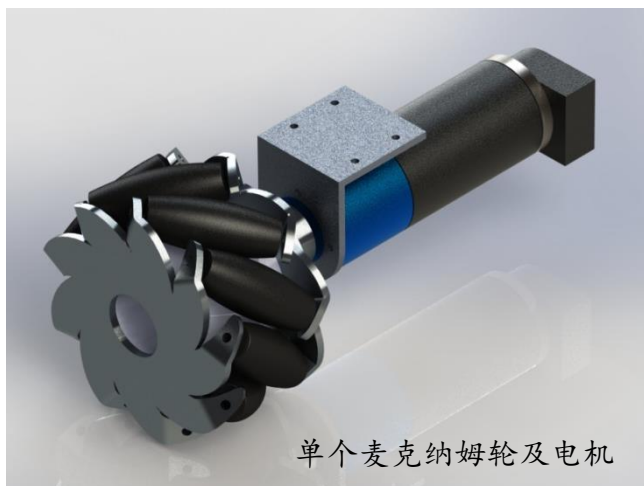
【旋转储物筐储存物块】

车体携带三个可旋转的储物筐，一次性存储三个物块减少来回移动次数，节省比赛时间。

三. 机器人的具体技术实现

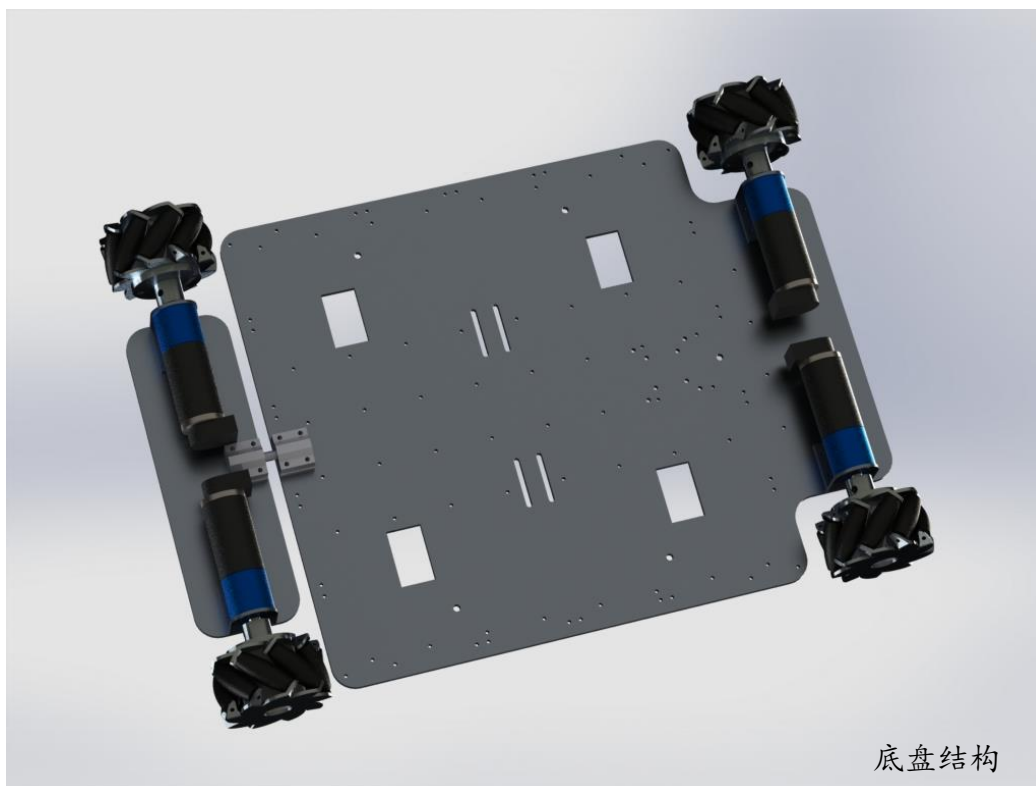
I. 机械部分

1. 底盘结构



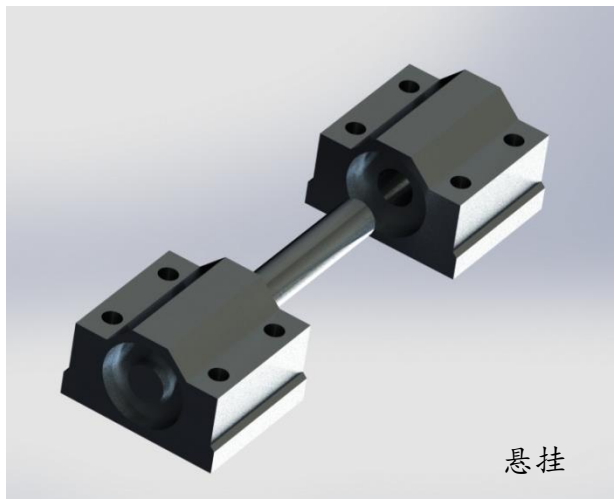
单个麦克纳姆轮及电机

采用带编码器的减速电机驱动麦克纳姆轮。



底盘结构

前两轮和后两轮固定在两块铝板（厚 5mm）上，
铝板开孔用于走线以及固定各个模块。
底盘总尺寸 620mm*420mm。



悬挂

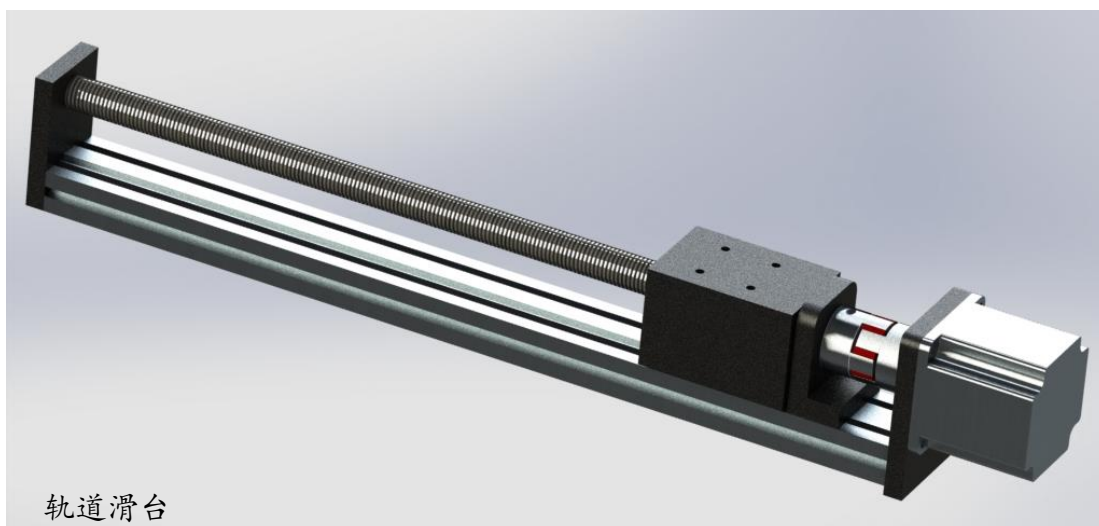
悬挂方面没有采用较为复杂的独立悬挂，而是上图这种悬挂方式。
两铝板通过共轴杆连接，沿轴方向可自由转动，这样可使四轮始终同时着地。

2. 机械臂结构



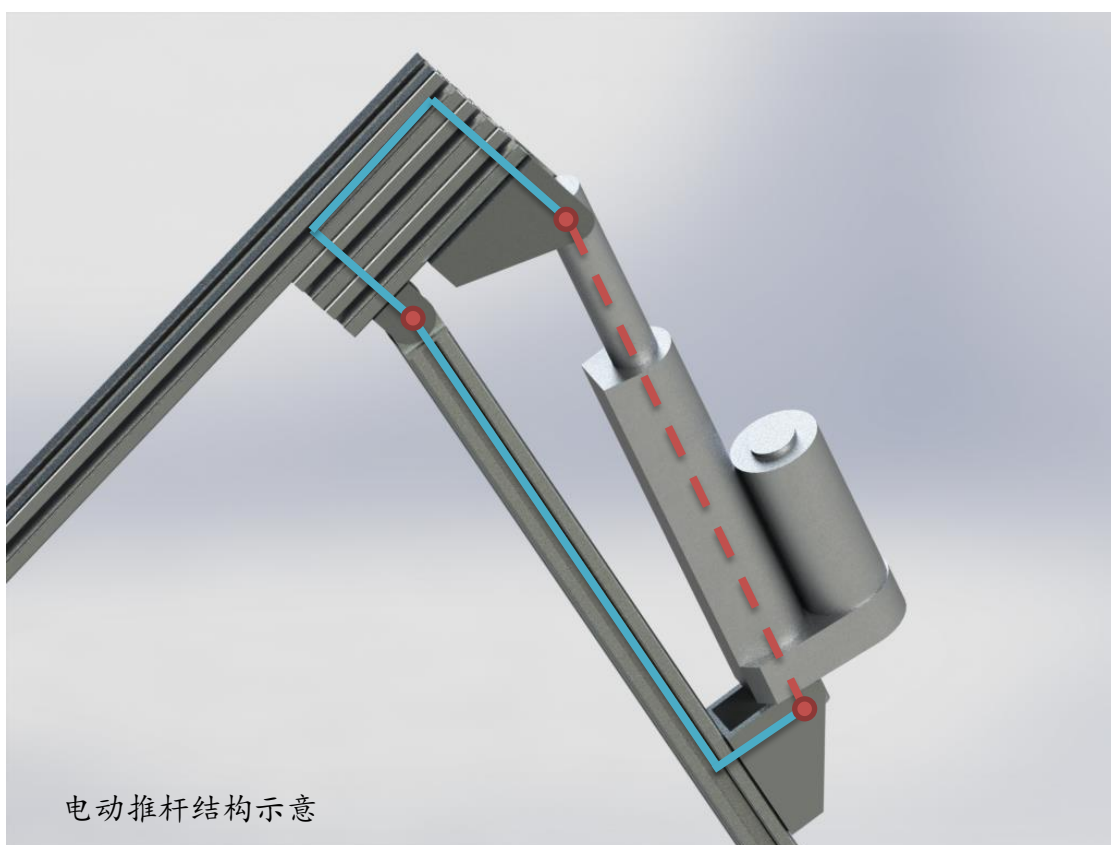
机械臂总览

机械臂整体上由轨道滑台，电动推杆，机械爪三部分组成。



轨道滑台

轨道滑台行程 300mm，由步进电机控制；
以铝材作为支撑，60° 角件作为连接，将滑台与底盘呈 60° 固定在底盘上。
滑块上连接的铝条作为第一级机械臂，滑块的运动可使第一级机械臂伸缩。

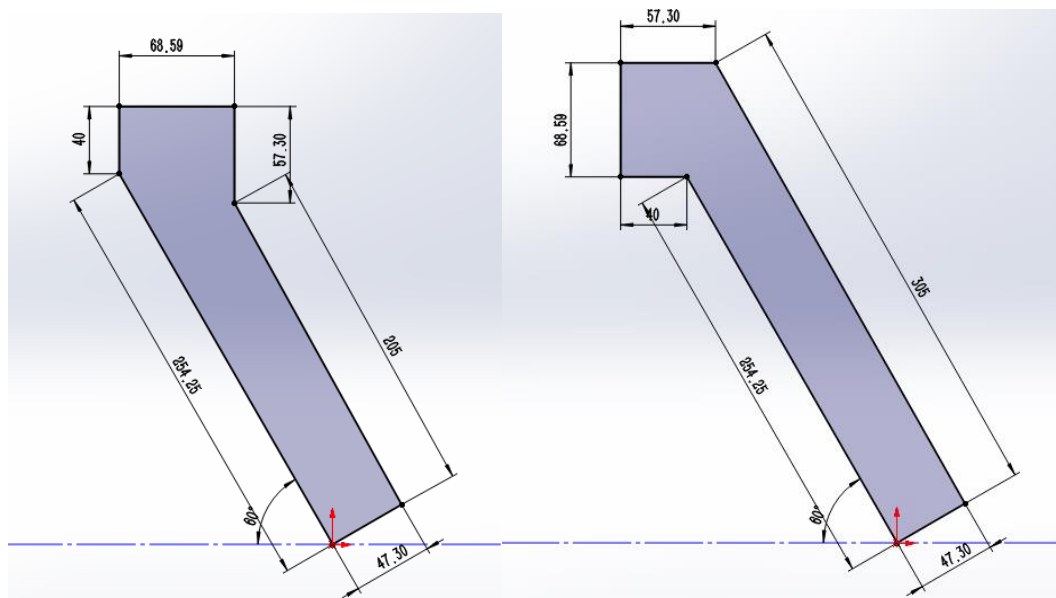


电动推杆结构示意图

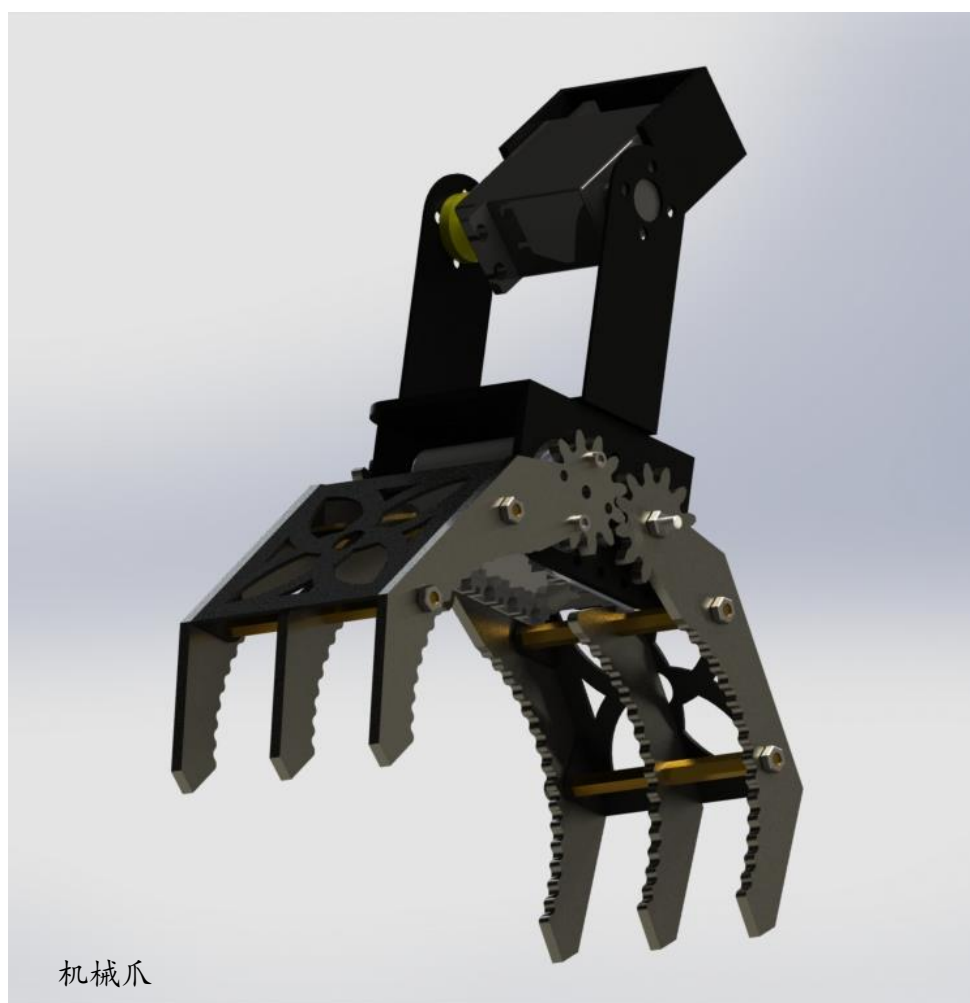
第一级机械臂与第二级机械臂铰接，通过对电动推杆伸缩的控制，可使第二级机械臂在 90° 的范围内运动。

电动推杆行程 100mm, 完全缩回时 205mm，完全伸出时 305mm。

上图中红色虚线为推杆长度，蓝色实线为固定的长度，圆点表示铰接，
经过几何分析，计算出一组合适的安装推杆的方案，结果见下图：

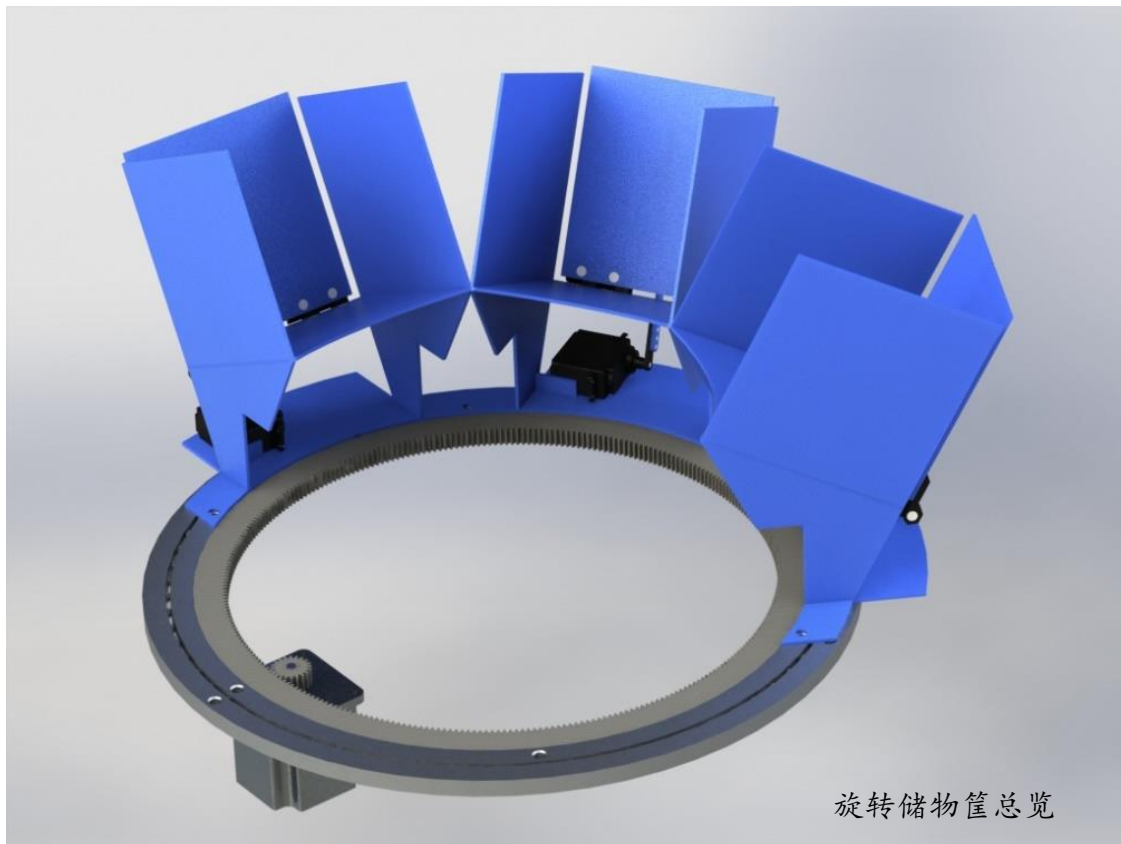


可见，推杆长度由 205-305mm 的变化过程中，第二级机械臂由水平变为竖直。



机械爪连接在第二级机械臂上，由两个舵机控制，一个控制抓爪的闭合和张开，一个控制机械爪的俯仰角，使机械爪从上方抓取物块。

3. 旋转储物筐结构



转盘轴承外圈通过固定杆与底盘固定，内圈可自由转动。

步进电机通过齿轮传动驱动转盘轴承内圈旋转。

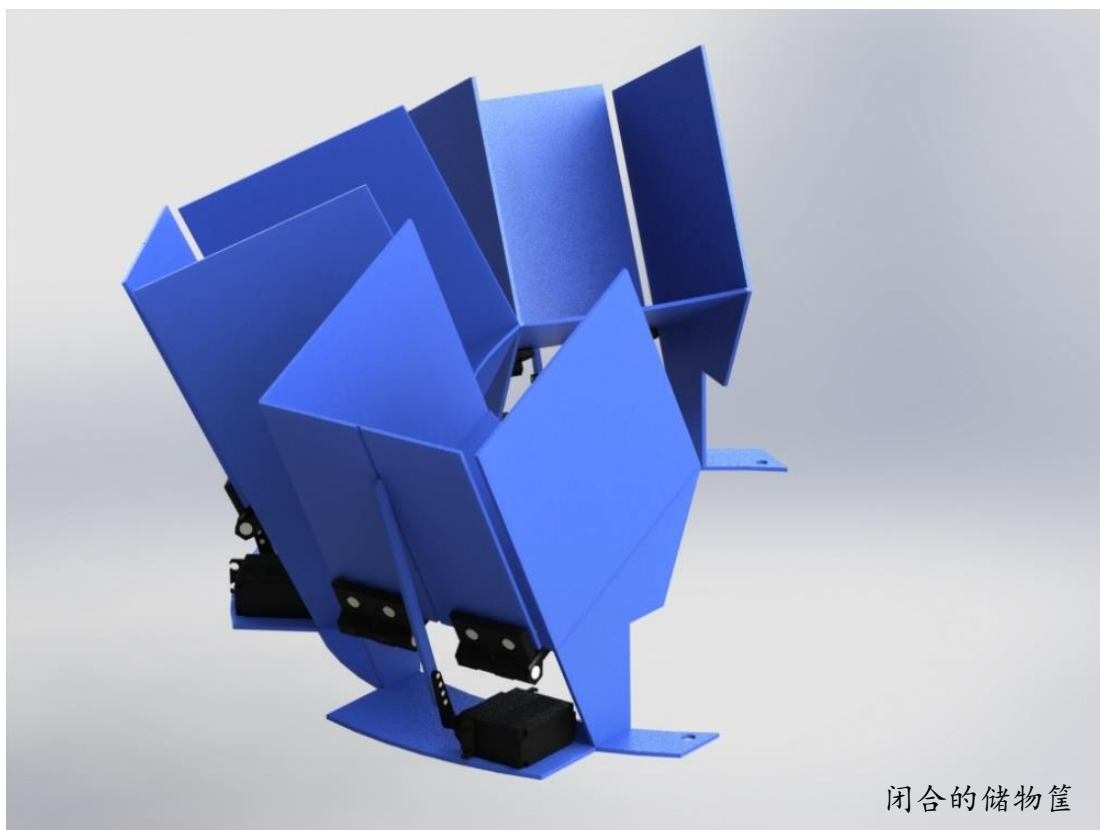
转盘内圈上等角度（ 60° ）固定三个储物筐，选择 60° 是因为旋转角度较小，可使转盘较快地转到需要的方向。

储物筐和物块的重量较轻，故不中心对称的分布对稳定性的影响很小。

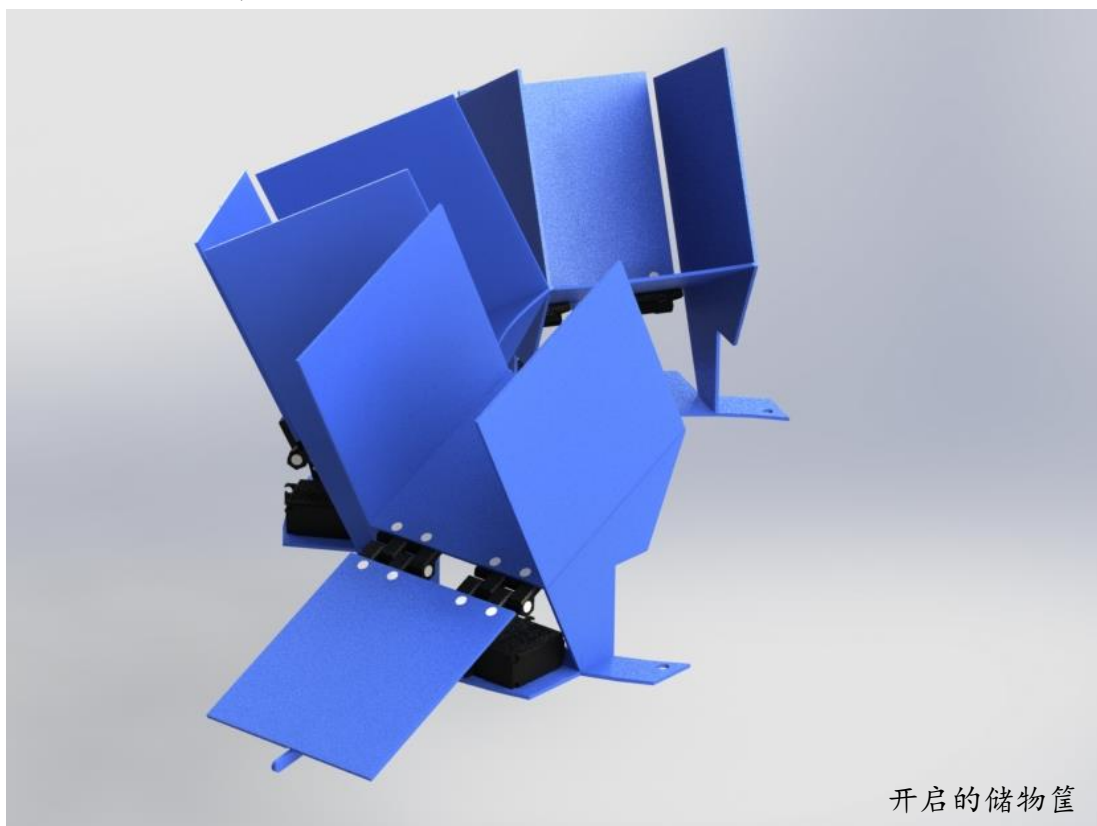
每个储物筐由多块塑料板拼合而成，分别有一个舵机控制挡板的开闭。

存放物块时，对应的储物筐旋转至机械臂下方，挡板保持闭合，承接物块；

送出物块时，对应的储物筐旋转至需要放出物块的方向，开启挡板，让物块滑入目标框。



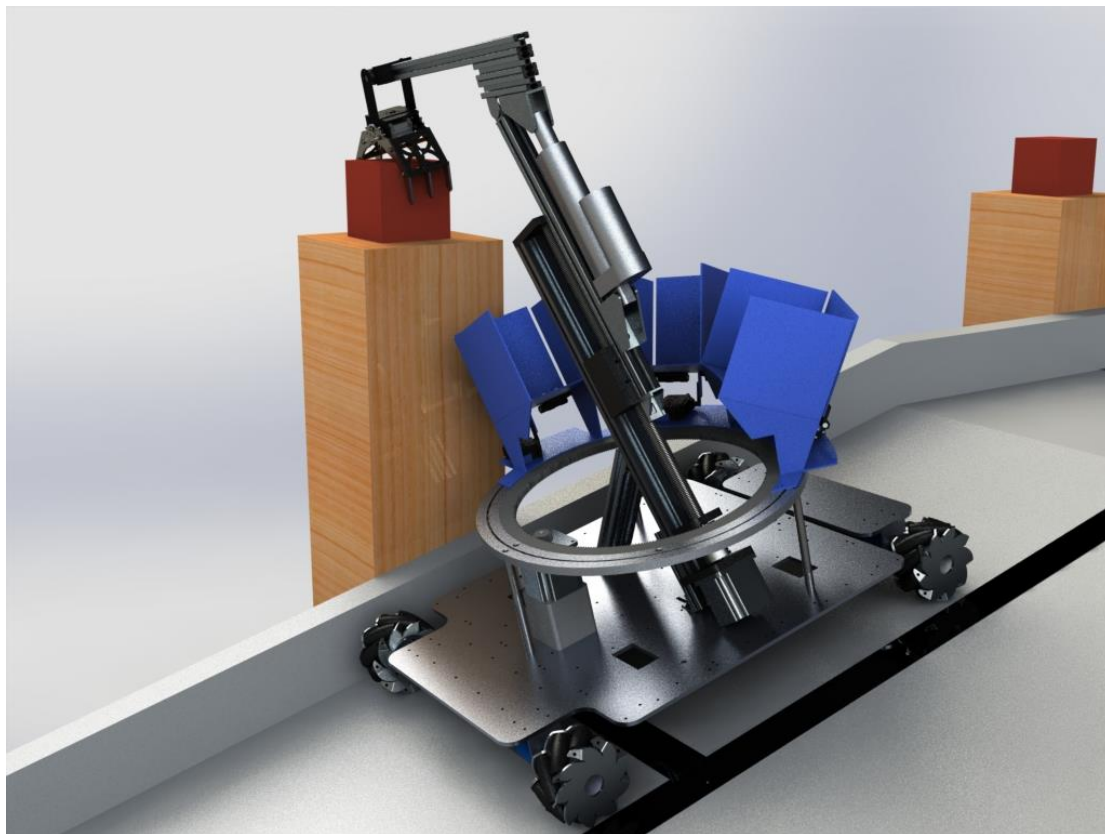
闭合时槽呈 V 形，可以稳定存放正方体物块。



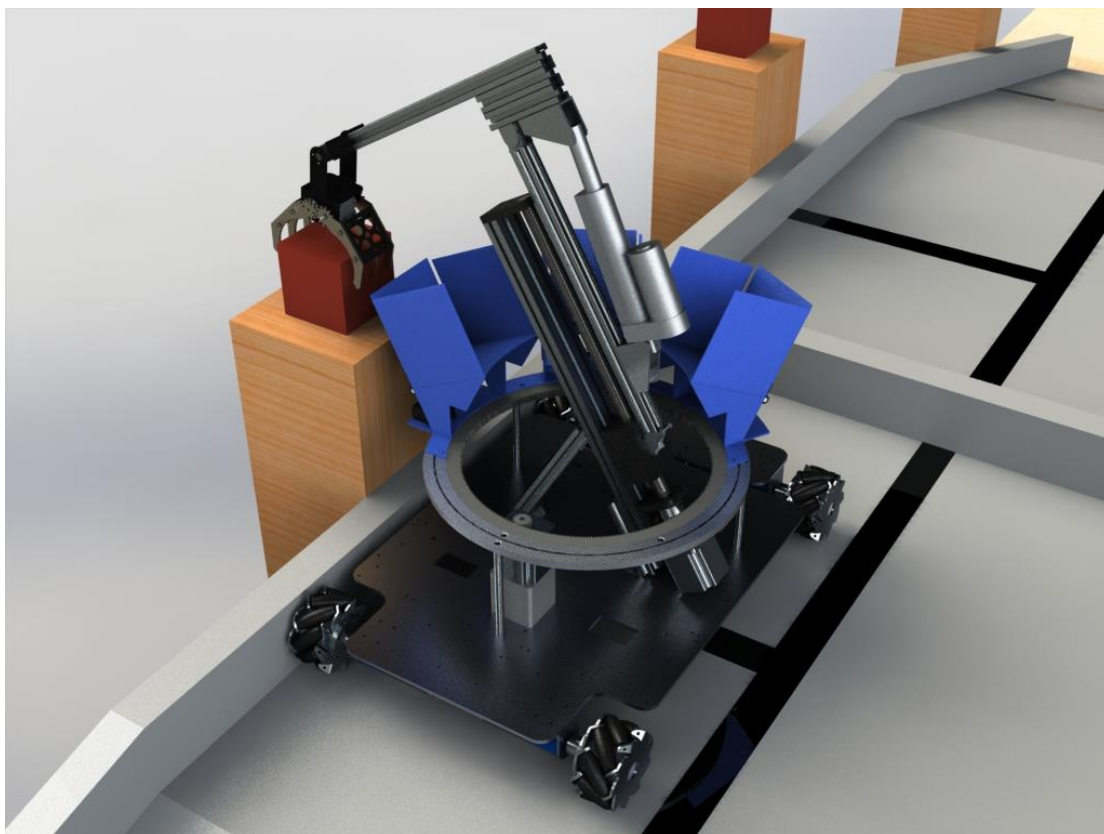
开启时槽为斜坡，可使物块自由滑下。

4. 机械结构可行性

经计算机模拟，机械结构基本能满足比赛要求，部分场景渲染图如下：



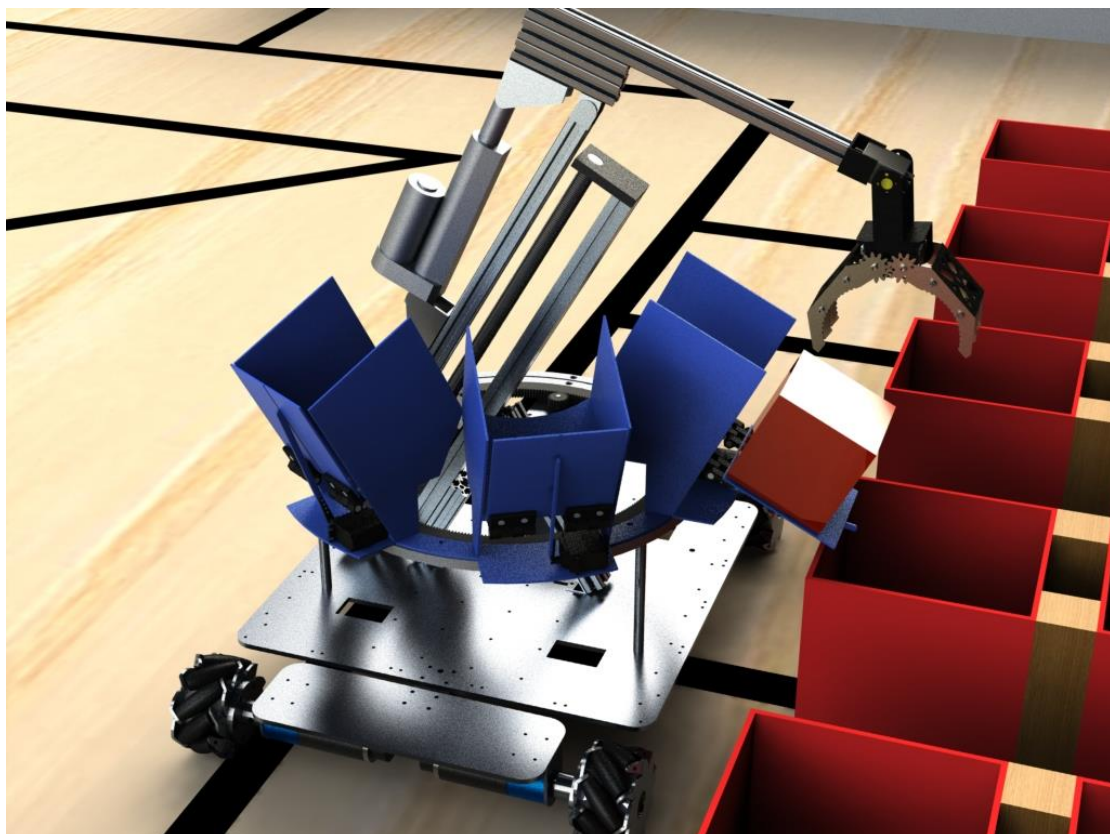
抓取 2 号物块



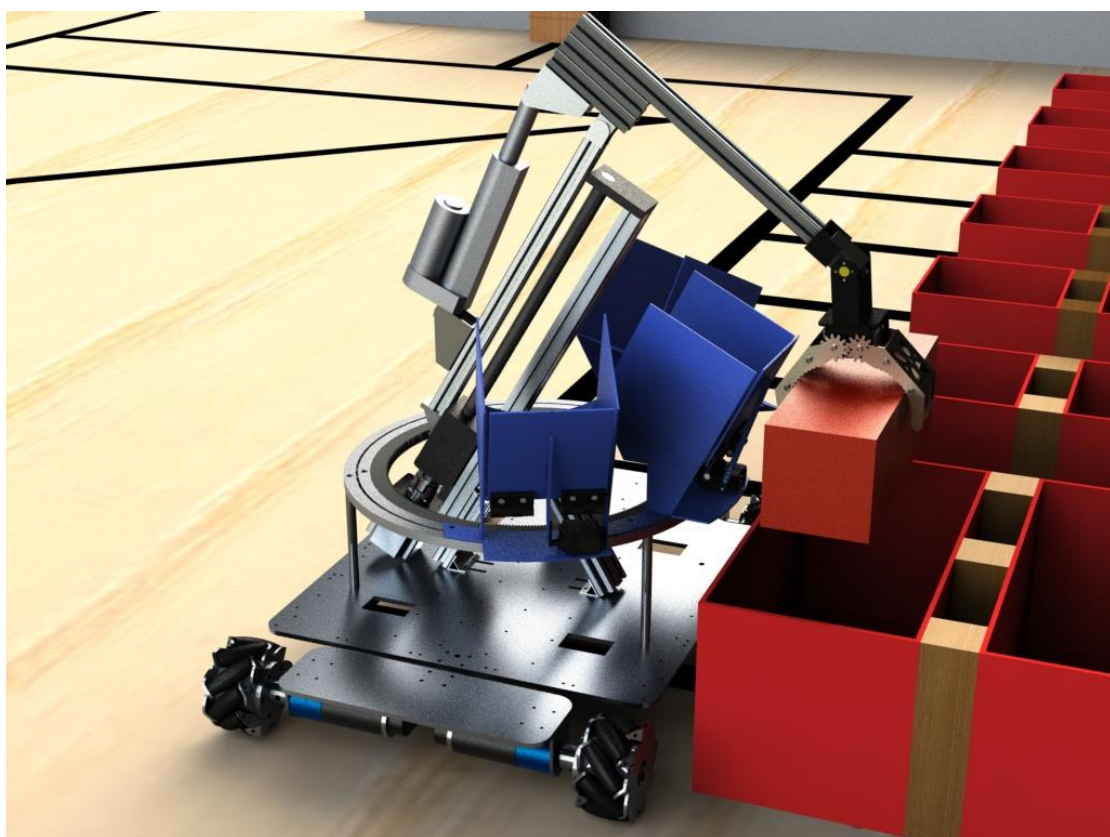
抓取 3 号物块



抓取 4 号物块



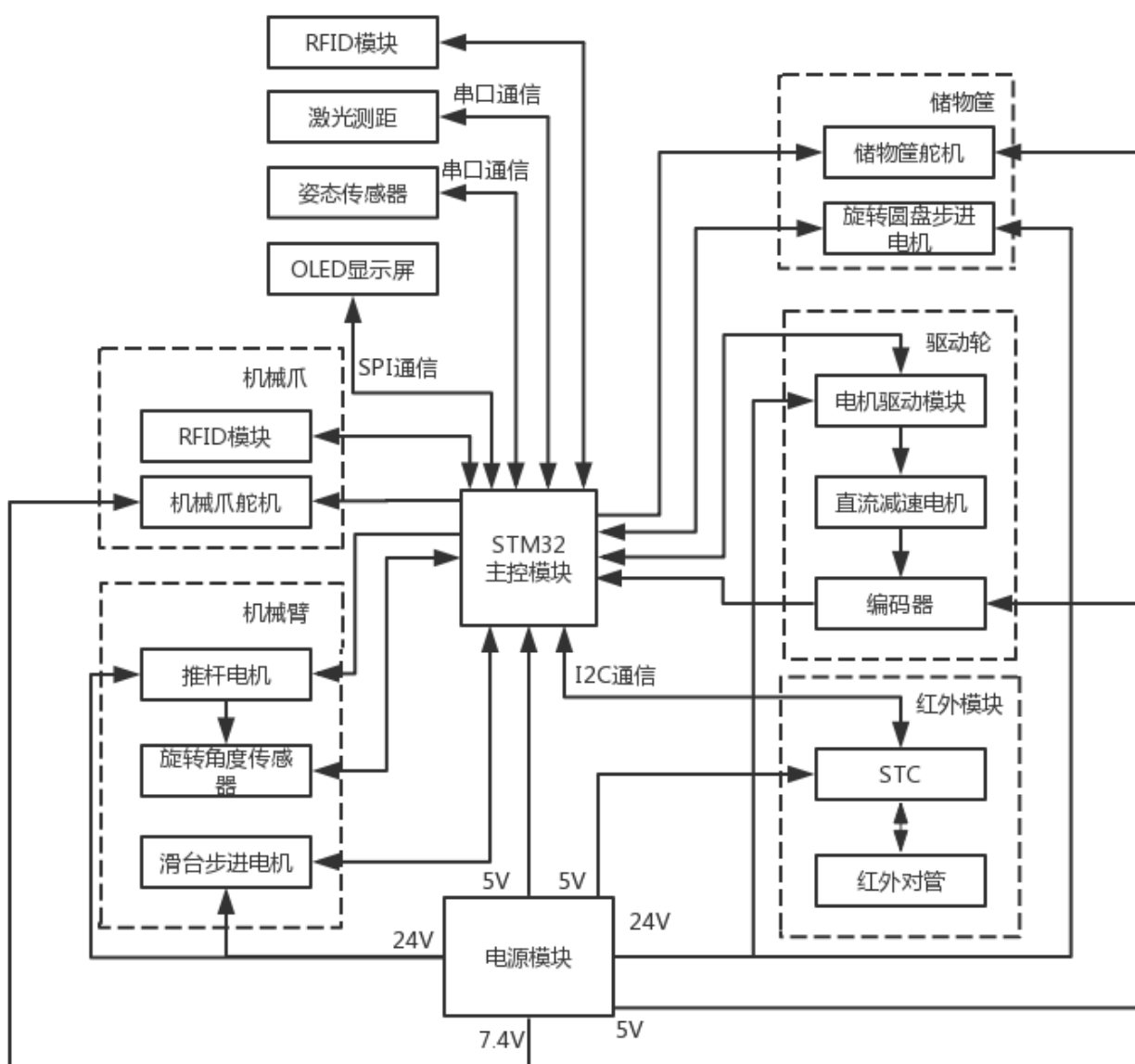
1-3 号物块由储物筐滑入目标框



放置 4 号物块进目标框

II. 电路部分

1. 主要电路框图



【机械爪】

机械爪舵机控制机械爪的夹紧及松开，机械爪中间固定一个 RFID 模块以读取物块的颜色信息。

【机械臂】

由于推杆电机未配相应的编码器，故需要靠旋转角度传感器反馈机械臂相对初始位置转过的角度，从而控制推杆电机的伸缩距离。主控模块可直接通过步进电机

驱动器精确控制滑台的升降。

【储物筐】

步进电机控制圆盘的旋转从而控制储物筐的旋转，这样在车体定位完成后可以利用舵机打开储物筐的一端，利用重力使筐中的物块落入目标框内。

【驱动轮】

直流减速电机控制轮子的旋转，与其相配的编码器可以给主控模块反馈电机的转速，从而实现对轮子转速的控制，以此控制机器人的移动。

【红外模块】

车底安装红外模块识别黑线以辅助巡线及车体的定位。

【其他】

车体侧边安装 RFID 以读取目标框的对应颜色信息；激光测距和姿态传感器辅助车体定位；OLED 显示屏辅助调试。

2. 主控模块

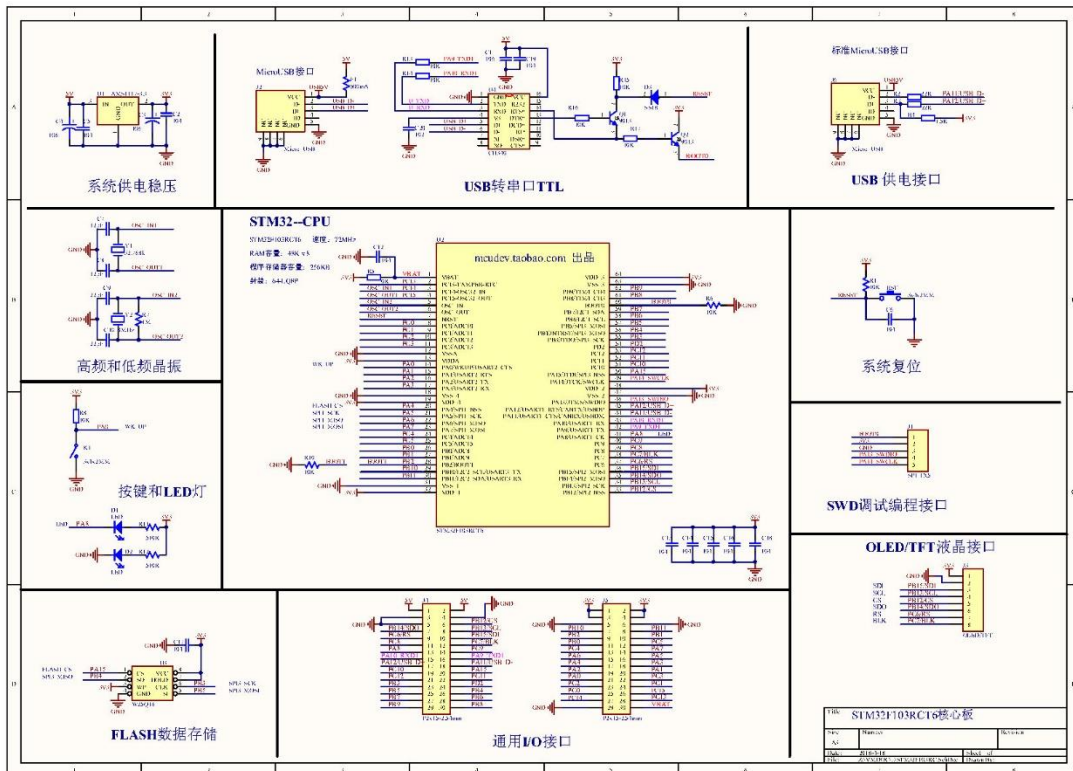
主控模块由以 STM32F103RCT6 为核心芯片的开发板构成。

【STM32F103 简介】

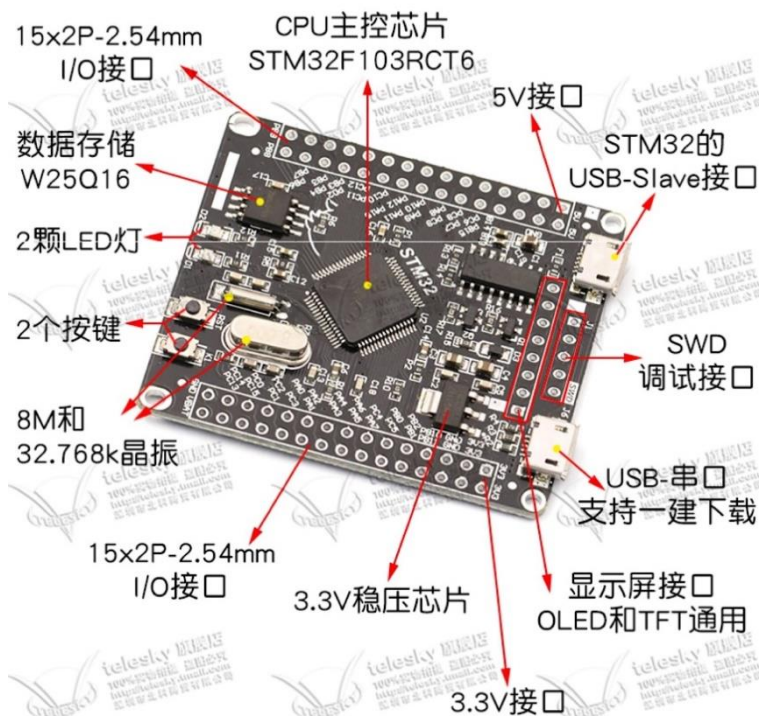
内核	ARM32 位 Cortex-M3 CPU，最高工作频率 72MHz，1.25DMIPS/MHz。单周期乘法和硬件除法。
存储器	片上集成 32-512KB 的 Flash 存储器。6-64KB 的 SRAM 存储器。
时钟、复位和电源管理	2.0-3.6V 的电源供电和 I/O 接口的驱动电压。上电复位（POR）、掉电复位（PDR）和可编程的电压探测器（PVD）。4-16MHz 的晶振。内嵌出厂前调校的 8MHz RC 振荡电路。内部 40 kHz 的 RC 振荡电路。用于 CPU 时钟的 PLL。带校准用于 RTC 的 32kHz 的晶振。
调试模式	串行调试（SWD）和 JTAG 接口。
支持的外设	定时器，ADC，DAC，SPI，IIC 和 UART。
最多高达 112 个的快速 I/O 端口	根据型号的不同，有 26，37，51，80，和 112 的 I/O 端口，所有的端口都可以映射到 16 个外部中断向量。除了模拟输入，所有的都可以接受 5V 以内的输入。
最多多达 11 个定时器	4 个 16 位定时器，每个定时器有 4 个 IC/OC/PWM 或者脉冲计数器。 2 个 16 位的 6 通道高级控制定时器：最多 6 个通道可用于 PWM 输出。 2 个看门狗定时器（独立看门狗和窗口看门狗）。Systick 定时器：24 位倒计数器。 2 个 16 位基本定时器用于驱动 DAC。
最多多达 13 个通信接口	2 个 IIC 接口（SMBus/PMBus）。5 个 USART 接口（ISO7816 接口，LIN，IrDA 兼容，调试控制）。3 个 SPI 接口（18 Mbit/s），两个和 IIC 复用。CAN 接口（2.0B）。USB 2.0 全速接口。SDIO 接口。

考虑到本次比赛实际所需的 GPIO 口数量、通信速度和运算速度需求，这款单片机足够完成作为主控芯片的任务。

【原理图】



【实物图】



3. 电源管理模块

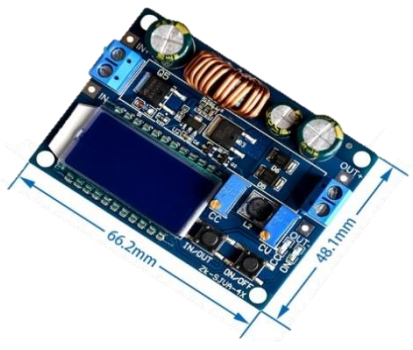
【电源】

电池需要给全部的电机、舵机、单片机以及传感器供电，因此需要大容量大输出电流的电池。我们选用迪普威DC-24680的大容量锂聚合物电池。电池重量约565g，输出电压在24V左右，持续工作电流在0-15A之间，电池容量有8Ah，最大输出功率约为360W。



【降压模块】

由于单片机，舵机等供电电压均低于24V，故需要降压模块为其提供相应的适合其工作的电压。我们选用的模块的实物图如下：



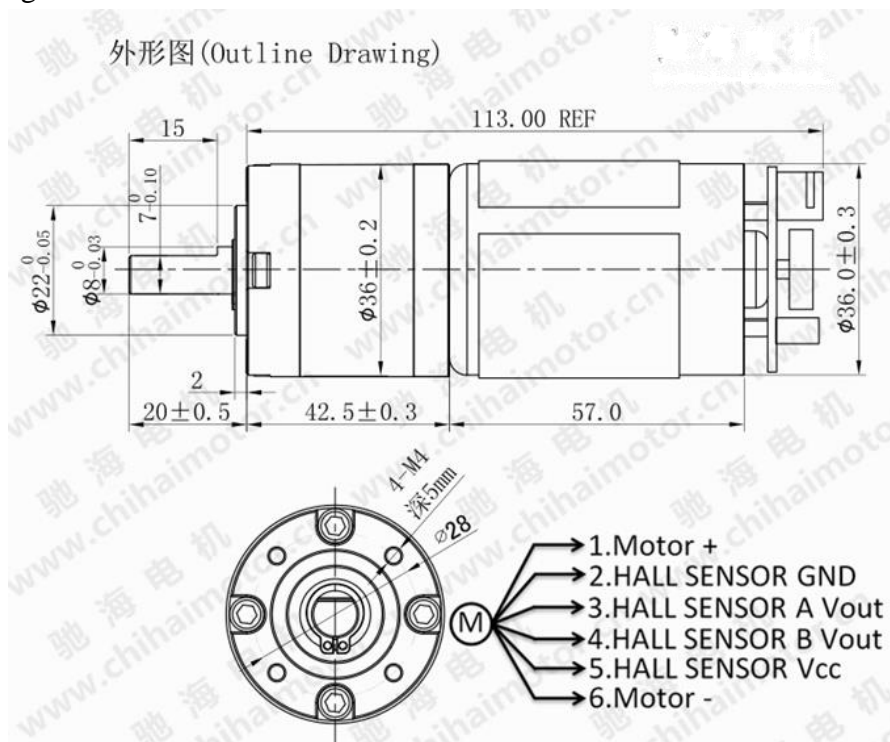
产品参数:

- 输入电压: 5.5-30V (输入电压 5V 时, 也可以实现升降压, 但是电压电流测量不准确; 低于 4.7V 时, 欠压保护)
- 输出电压: 0.5-30V
- 输出电流: 能长期稳定工作在 3A , 加强散热下可达到 4A
- 输出功率: 自然散热 35W, 加强散热 50W
- 电压显示分辨率: 0.05V
- 电流显示分辨率: 0.005A
- 转换效率: 88%左右
- 输入反接保护: 有
- 输出端防倒灌: 有
- 短路保护: 有
- 工作频率: 180KHZ
- 尺寸: 长*宽*高 66*48*21mm
- 安装孔: 直径 4mm
- 重量: 46g

4. 电机及驱动

【驱动轮直流减速电机】

经估算, 使用四轮驱动在斜坡上爬坡时, 四个轮子需要的扭矩约为 10kg cm。我们选用 36GP-555 永磁行星编码减速电机, 额定电压为 24V, 额定转速为 355rpm, 扭矩 21kg cm。产品实物图及标准参数外形图如下:





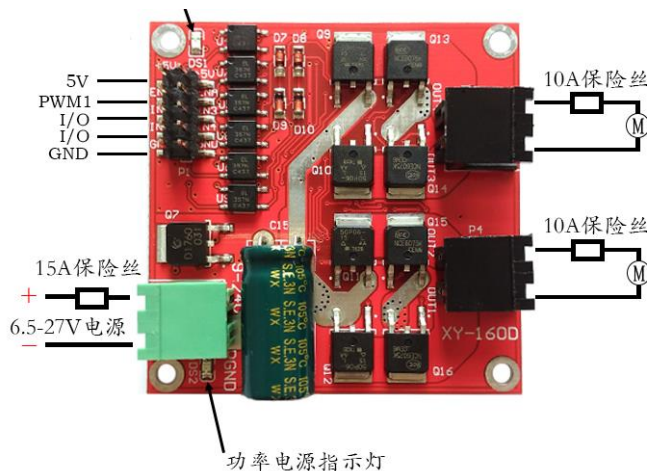
产品参数:

- 尺寸: 36*114mm (不含出轴和接线端子)
- 轴长: 20.0MM 单向出轴
- 轴径: 8mmD 字型轴双滚珠轴承定位结构
- 电压: 6-24V
- 重量: 480g 左右
- 接线规格: PH2.0-6PIN 端子连接头
- 编码器规格: AB 双相编码器 11 线基本信号电压 3.3V 或 5.0V

【直流电机驱动】

选用型号为 XY-160D 的电机驱动模块完成控制电机的转向及转速。

产品实物图如下:



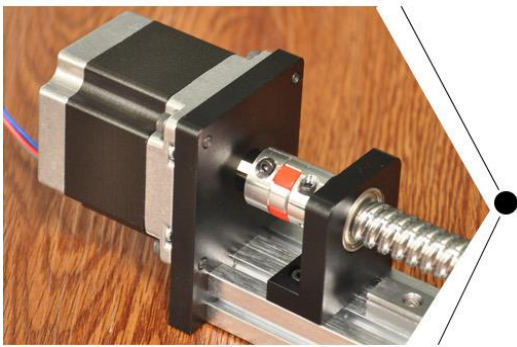
该产品具有以下优点:

- 双 H 桥, 可同时驱动两台直流电机, 单路 7A 电流, 大功率;
- 宽电压输入 6.5V~27V;
- 信号光耦隔离输入, 可 IO 口直接控制, 不受干扰;
- 欠压保护, 防止瞬间大电流烧毁模块;
- 大功率 TVS 及静电泄放电路, 抑制了瞬态干扰脉冲和静电, 增强了 EMC 性能, 产品稳定可靠。

【滑台步进电机】

选用与滑台模组相配套的步进电机来精确控制滑台的升降, 从而能实现机械爪竖直方向的精确定位。

产品实物图如下：



选用的步进电机参数如下：

电机参数							
型号	步距角(°)	法兰尺寸(mm)	机身长(mm)	扭矩(N.m)	电流(A)	电阻(Ω)	电感(mH)
FM5756SFD04	1.8	57	56	0.93	2	1.32	3.19

速度负载											
加速度(mm/s ²)		水平加速度:1000					垂直加速度:500				
有效行程(mm)		0~500					600~1000				
负载(kgs)		0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
最高速度(mm/s)	水平	160	160	160	155	150	250	250	240	230	230
	垂直	160	140	110	85	Ø	250	165	120	55	Ø
最大负载(kgs)	水平	20									
	垂直	15									
注:(测试条件电机型号:FM576SFD04 驱动器型号:FMDD50D40NOM 驱动电压:24V 驱动电流:2A)											

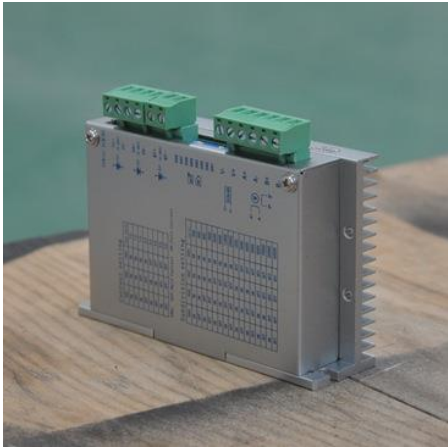
【旋转圆盘步进电机】

由于圆盘旋转时受的摩擦力较小，上述与滑台配套的步进电机完全可以满足此处的要求。故选用与滑台步进电机同型号的电机作为旋转圆盘的电机。

【步进电机驱动】

选用与滑台模组相配套的步进电机驱动器。

产品实物图如下：

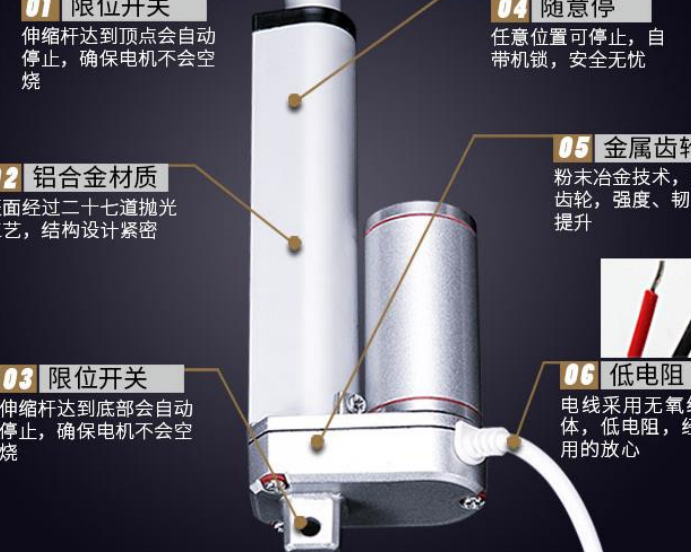


该产品具有以下优点：

- 采用 DSP 数字信号处理器，实现精确定位控制
- 运行平稳，震动和噪音极小
- 拨码开关设置，简单易用

- 型号： FMDD50D40NOM
- 驱动电流： 1.0-4.0A
- 电流设定： 8 档
- 最高分辨率： 40000 步/转
- 驱动电压： DC24-50V
- 细分设定： 16 档
- 最高响应频率： 200Kpps

选用型号为 XTL100 的直流电动推杆电机。经计算，行程 100mm 的推杆电机满足机械结构运动的需要；进一步估算可知，推杆电机需要提供的最大推力约为 60N，故选用额定电压为 24V，推力 250N，速度 48mm/s 的推杆电机，可以满足本次比赛的需求。



01 限位开关
伸缩杆达到顶点会自动停止，确保电机不会空烧

02 铝合金材质
表面经过二十七道抛光工艺，结构设计紧密

03 限位开关
伸缩杆达到底部会自动停止，确保电机不会空烧

04 随意停
任意位置可停止，自带机锁，安全无忧

05 金属齿轮
粉末冶金技术，纯金属齿轮，强度、韧性双倍提升

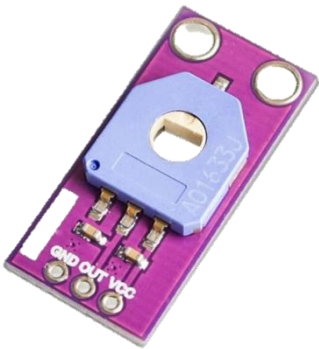
06 低电阻 更省电
电线采用无氧纯铜作为导体，低电阻，经久耐用，用的放心



额定功率:20W-30W
电 压:12V, 24V, 36V , 48V ,
环境温度:-20℃to +75℃。(可根据客户要求添加-40℃防冻油)
保护等级: IP54
分 贝:低于42dB
推杆材料:铝合金
产品功能:带动物体推、拉、升、降等作用

6. 旋转角度传感器

使用型号为 CJMCU-103 的旋转角度传感器，用来确定机械臂相对初始位置旋转的角度。该传感器能测量的最大角度范围为 0-333.3°，满足本次比赛需求。产品实物图及参数图如下：



Category	Position Sensors - Angle, Linear Position Measuring
Part Number	SV01A103AEA01R00
Manufacturer Or OEM	Murata Electronics North America
Description	SENSOR ROTARY POSTIION SMD
最低订购数量	1
系列	SV01
零件状态	Active
用于测量	Rotary Position
技术	Resistive
旋转角 - 电气, 机械	0° ~ 333.3°, Continuous
线性范围	-
输出	Analog Voltage
输出信号	-
致动器类型	Hole for Shaft
线性度	±2%
电阻 (欧姆)	10k
电阻容差	±30%
电压 - 电源	-
安装类型	Surface Mount
供应商器件封装	SMD (SMT) Tab
工作温度	-40°C ~ 85°C
供应商	http://zymxsm.tmall.com

7. 舵机

【机械爪舵机】

使用 LD-2015 数字舵机实现机械爪的收缩功能。

舵机的控制信号为周期是 20ms 的脉宽调制 (PWM) 信号, 其中脉冲宽度从 0.5ms-2.5ms, 相对应舵盘的位置为 0—180°, 呈线性变化。给它提供一定的脉宽, 它的输出轴就会保持在一个相对应的角度上, 无论外界转矩怎样改变, 直到给它提供一个另外宽度的脉冲信号, 它才会改变输出角度到新的对应的位置上。通常舵机控制器采用 500 到 2500 数值对应舵机控制输出角度的占空比 0.5ms 到 2.5ms 的范围, 这样舵机的控制精度是 3 μ s, 在 2000 个脉宽范围内控制精度能达到 0.3°。

产品实物图及参数图如下:

产品重量: 60g

产品尺寸: 40*20*40.5mm

产品速度: 0.16sec/60° 7.4V

堵转扭矩: 15kg/cm 6V ; 17kg/cm 7.4V

工作电压: 6-7.4V

空载电流: 100mA

产品线长: 30cm



【储物筐舵机】

使用型号为 MG995 的金属标准舵机控制储物筐一端的开合。

舵机参数:

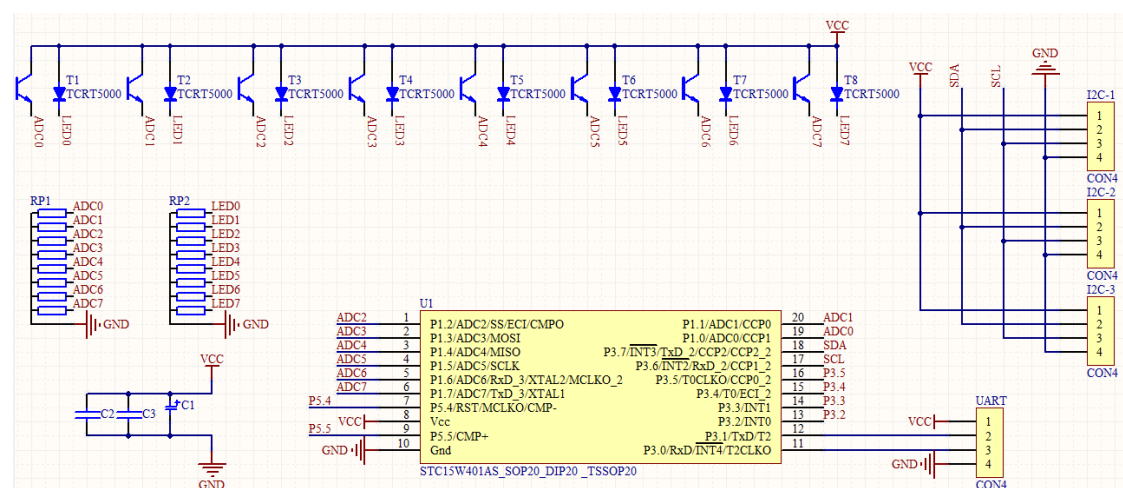
- 结构材质: 模拟金属铜齿, 空心杯电机
- 连接线长度: 32CM, 信号线 (黄线) 红线 (电源线) 棕色 (地线)
- 尺寸: 40.7*19.7*42.9mm
- 重量: 55 克
- 反应转速: 无负载速度 0.17 秒/60 度(4.8V); 0.13 秒/60 度(6.0V)
- 扭矩: 13KG
- 工作死区: 4 微秒
- 插头规格: JR FUTABA 通用
- 工作电压: 3.0V-7.2V
- 工作扭矩: 13KG/cm
- 使用温度: -30~60°C

8. 红外循迹阵列

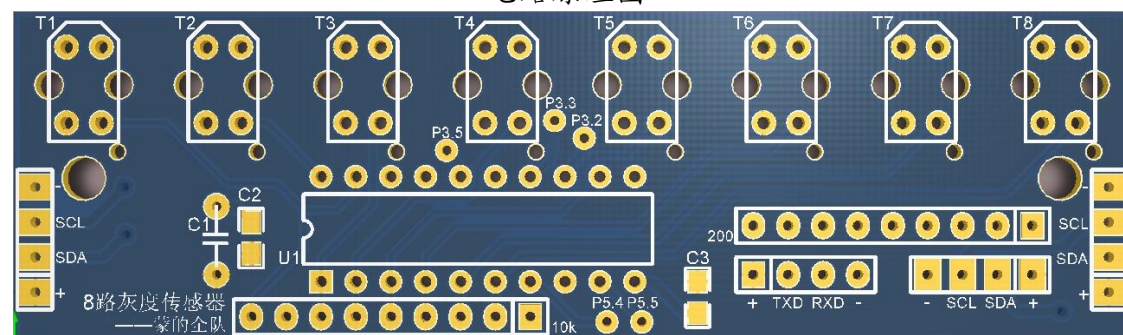
为了充分利用场地黑线，实现小车更为精确的定位，使用自主设计制作的反射式红外传感器阵列，电路以 STC15W408AS 单片机为核心，通过 8 路 ADC 读取 8 个 TCRT5000 反射式红外传感器接收端的电压值，电压可反映反射光的强弱，进而反映材料的灰度，再通过 I2C 总线传出模拟值的数据。

TCRT5000 之间间隔 1cm，可以实现对 5cm 宽的黑线较为精确的检测。

该电路可实现多片联级，使用同一条 I2C 总线通信，主控模块根据多点的灰度分布情况计算出黑线较为精确的位置。



电路原理图



PCB 效果图



TCRT5000 的红外发光二极管不断发射红外线（不可见光）波长为 950nm，当发射的红外线没有被障碍物反射回来或者反射强度不足时，光敏三极管不工作，当红外线的反射强度足够且同时被光敏三极管接收到时，光敏三极管处于工作状态，并提供输出。光敏三极管在工作时其集电极电流值 I_c 约为 1 mA。工作范围约为 0.2~15mm。

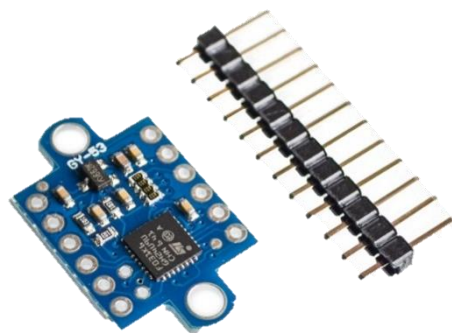
9. 激光测距模块

使用 VL53L0X 激光测距模块来测量机器人到柱子的距离，从而精确地控制停靠的位置。

VL53L0X 是意法半导体（ST）推出第二代激光测距智能传感器，该传感器是一个飞行时间测距传感器，其测距的原理是，激光传播的距离和时间成正比，通过测量从激光出射到接收到反射信号的时间间隔，即可算出物体的距离。

该模块将所有器件集成于一块芯片中，通过 I2C 通信接口传输数据，兼容 3.3V 电平和 5V 电平，具有集成度高、成本低、易开发、精度高、测距速度快、抗干扰能力强的优点。

产品实物图如下：



该产品有以下优点：

- 完全集成的微型模块
- 940nm 激光 VCSEL
- 先进的嵌入式测距传感器微控制器
- 4.4 x 2.4 x 1.0 毫米
- 快速，准确的距离范围
- 测量最大 2 米的绝对距离
- 易于集成
- 没有额外的光学元件
- 单电源
- 用于设备控制和数据的 I2C 接口转让
- 可编程 I2C 地址

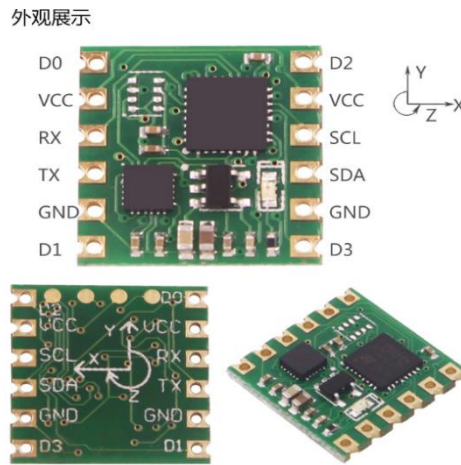
10. 姿态传感器

使用 JY-901 系列姿态传感器测量机器人的姿态，从而可以在巡线时对机器人辅助定位，更精确的控制机器人的位置。

JY-901 系列模块集成高精度的陀螺仪、加速度计、地磁场传感器，采用高性能的微处理器和先进的动力学解算与卡尔曼动态滤波算法，能够快速求解出模块当前的实时运动姿态。模块内部集成了姿态解算器，配合动态卡尔曼滤波算法，能够

在动态环境下准确输出模块的当前姿态，姿态测量精度 0.01 度，稳定性高，性能优越。

产品实物图如下：



产品参数：

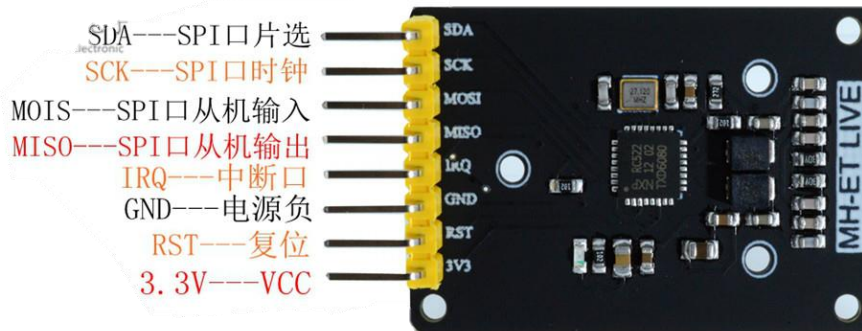
- 电压：3V~6V
- 电流：<40mA
- 体积：15.24mm X 15.24mm X 2mm
- 焊盘间距：上下 100mil(2.54mm)，左右 600mil(15.24mm)
- 测量维度：加速度：3 维，角速度：3 维，磁场：3 维，角度：3 维，气压:1 维，GPS：3 维
- 量程：加速度:±16g，角速度:±2000° /s，角度±180° 。
- 分辨率：加速度：6.1e-5g，角速度:7.6e-3° /s。
- 稳定性：加速度：0.01g，角速度 0.05° /s。
- 姿态测量稳定度：0.01° 。
- 数据输出内容:时间、加速度、角速度、角度、磁场、端口状态、气压(JY-91B)、高度 (JY-91B)、经纬度 (需连接 GPS)、地速 (需连接 GPS)。
- 数据输出频率 0.1Hz~200Hz。
- 数据接口：串口 (TTL 电平，波特率支持 2400、4800、9600、19200、38400、57600、115200、230400、460800、921600)，I2C (最大支持高速 IIC 速率 400K)
- 扩展口功能：模拟输入 (0~VCC)、数字输入、数字输出、PWM 输出 (周期 1us-65535us，分辨率 1us)

11. RFID 模块

使用 RFID 读卡器进行对物块及目标框上 RFID 标签的识别。我们选用 MF522-MINI。

MFRC522 是应用于 13.56MHz 非接触式通信中高集成度的一款低电压、低成本、体积小的读写卡芯片。它支持 14443A 兼容应答器信号,数字部分处理 ISO14443A 帧和错误检测。此外，还支持快速 CRYPTO1 加密算法，用于验证 MIFARE 系列产品。MFRC522 支持 MIFARE 系列更高速的非接触式通信，双向数据传输速率高达 424kbit/s。它与主机间通信采用 SPI 模式，有利于减少连线，缩小 PCB 板

体积，降低成本。
产品实物图如下：



产品参数：

- 工作电流：13—26mA/直流 3.3V
- 空闲电流：10-13mA/直流 3.3V
- 休眠电流：<80uA
- 峰值电流：<30mA
- 工作频率：13.56MHz
- 尺寸：37.5mm×33mm
- 环境工作温度：摄氏-20—80 度
- 环境储存温度：摄氏-40—85 度
- 环境相对湿度：相对湿度 5%—95%
- 读写距离：5cm

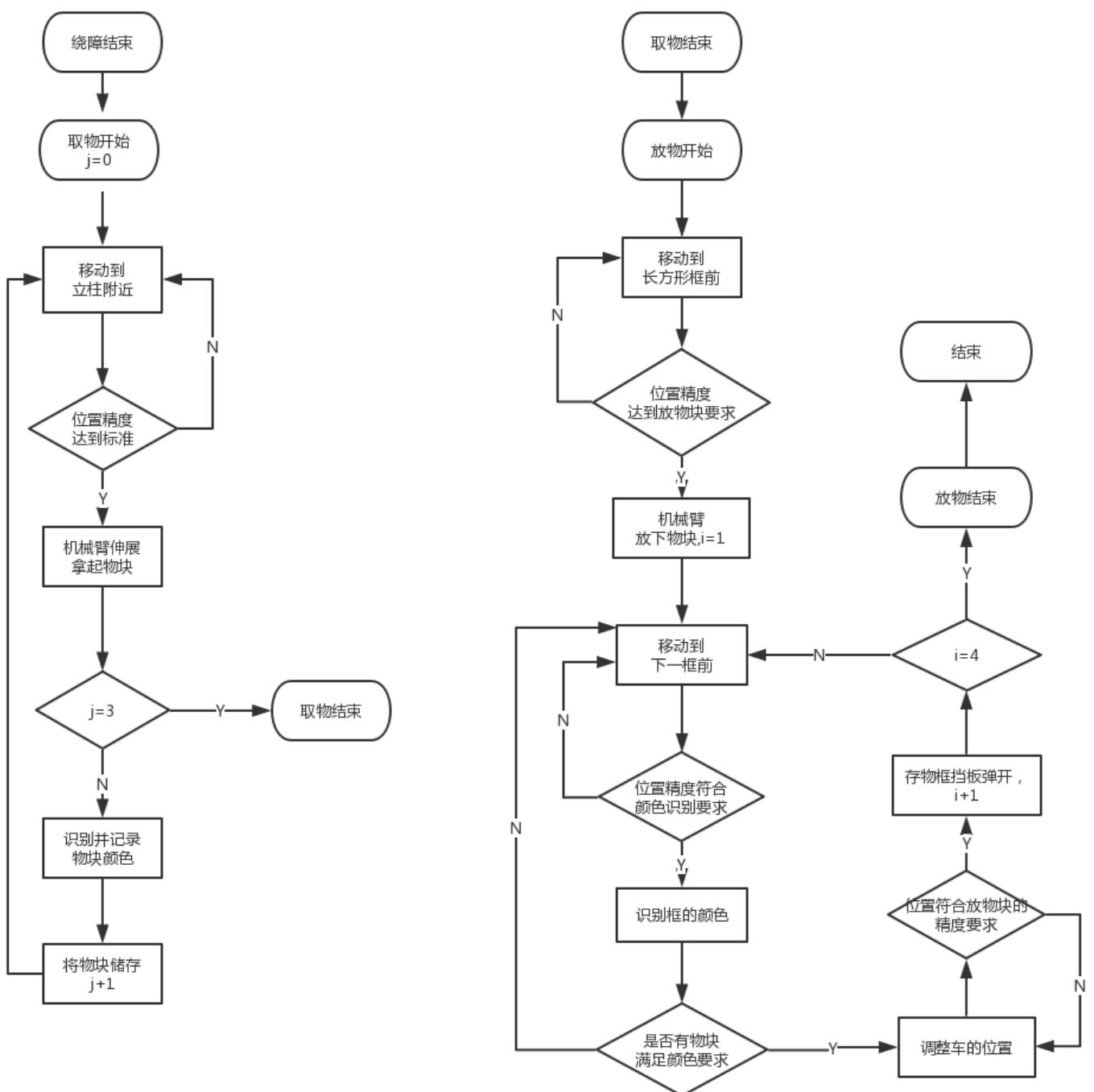
III. 控制部分

1. 比赛流程

A. 总流程说明

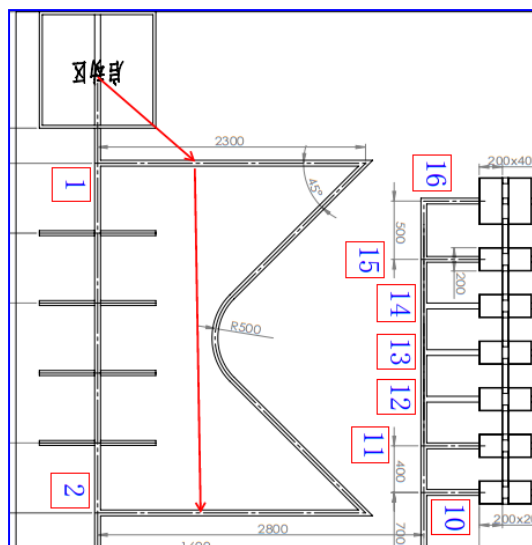


*子程序



B. 小车行驶线路讲述

a. 巡线绕障

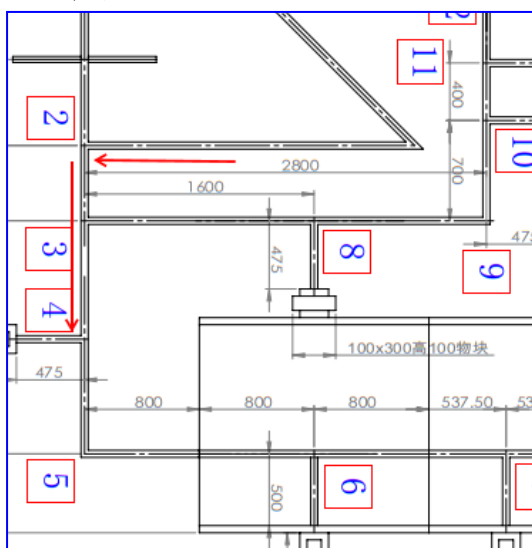


比赛开始，小车从启动区开始，沿45度角行驶到第一条横线处(1号 RFID 标志水平位置)

再沿垂直线行驶到第二条横线处(2号 RFID 标志水平位置)

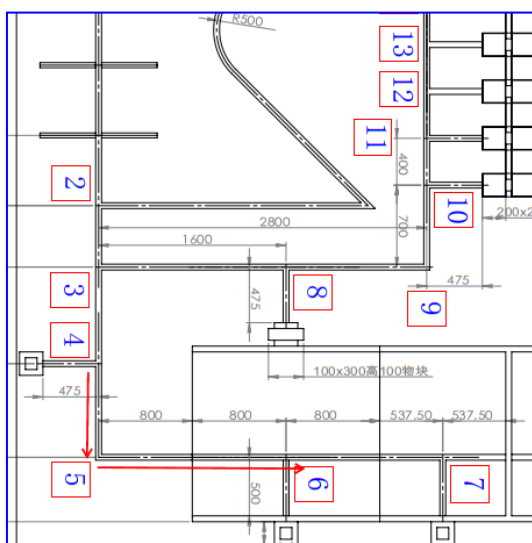
检验到第二条线后，绕障结束，开始巡线取物。

b. 取物块



巡线沿途箭头所示方向到达立柱前，调整位置抓取物块并存储。

//图中拐弯处均使用麦轮的全向移动进行，车身不做旋转

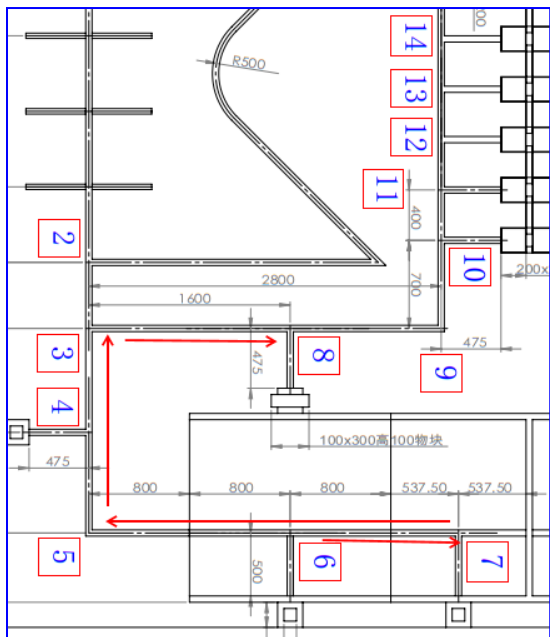


继续巡线，到达斜面附近立柱前，调整位置抓取物块并存储。

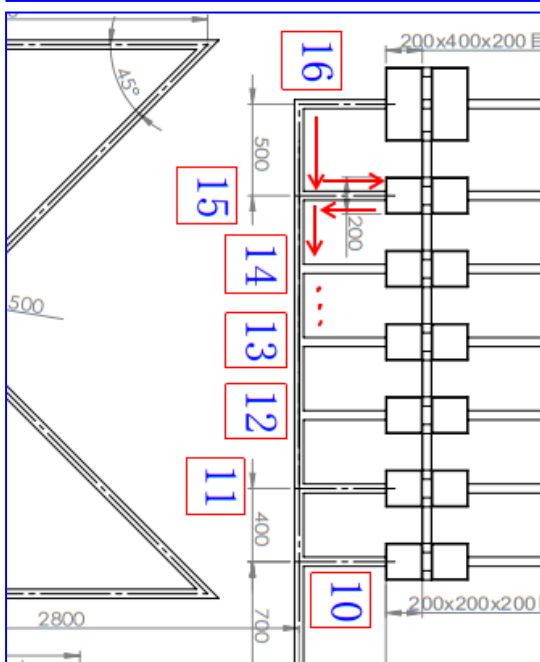
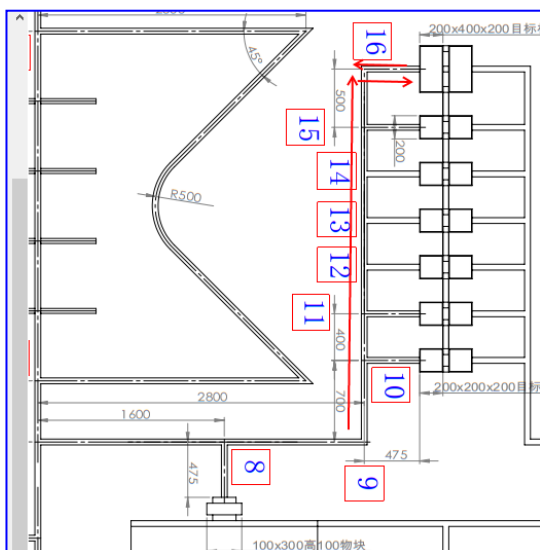
//5号 RFID 处采用车身旋转的方式转弯

//在斜面上抓取物块时，车停在6号 RFID 标志

上方一段距离，方便机械臂抓取物块



c. 放物块



继续巡线至斜面顶端,调整位置抓取物块并存储。然后下坡,巡线行驶至8号 RFID 标识附近立柱,调整位置抓取物块,此时不再存储物块。

//下坡及之后的转弯均采用麦轮的全向移动实现,车身不做旋转

//小车前后两面均可作为前进方向

巡线直接行使至16号 RFID 标识处的筐前,调整位置,放下长方形物块。

//9号 RFID 处采用车身旋转的方式转弯

//16号 RFID 处采用麦轮全向移动的方式拐弯

移动到下一筐前,识别筐的颜色,判断是否有相同颜色的物块,

如有,调整位置,释放物块,移动到下一筐前;如没有,直接移动到下一筐前;重复步骤直到物块均被放入正确的筐内。

比赛结束。

//此中所有转弯均采用麦轮的全向移动实现

2. 麦克纳姆轮控制原理

正运动学模型 (forward kinematic model) 将得到一系列公式, 让我们可以通过四个轮子的速度, 计算出底盘的运动状态; 而逆运动学模型 (inverse kinematic model) 得到的公式则是可以根据底盘的运动状态解算出四个轮子的速度。需要注意的是, 底盘的运动可以用三个独立变量来描述: X 轴平动、Y 轴平动、yaw 轴自转; 而四个麦轮的速度也是由四个独立的电机提供的。所以四个麦轮的合理速度是存在某种约束关系的, 逆运动学可以得到唯一解, 而正运动学中不符合这个约束关系的方程将无解。

先试图构建逆运动学模型, 由于麦轮底盘的数学模型比较复杂, 我们在此分四步进行:

- ①将底盘的运动分解为三个独立变量来描述;
- ②根据第一步的结果, 计算出每个轮子轴心位置的速度;
- ③根据第二步的结果, 计算出每个轮子与地面接触的辊子的速度;
- ④根据第三部的结果, 计算出轮子的真实转速。

● 底盘运动的分解

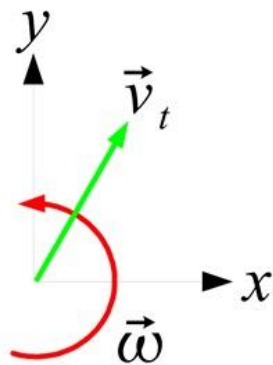
我们知道, 刚体在平面内的运动可以分解为三个独立分量: X 轴平动、Y 轴平动、yaw 轴自转。如下图所示, 底盘的运动也可以分解为三个量:

表示 X 轴运动的速度, 即左右方向, 定义向右为正;

表示 Y 轴运动的速度, 即前后方向, 定义向前为正;

表示 yaw 轴自转的角速度, 定义逆时针为正。

以上三个量一般都视为四个轮子的几何中心 (矩形的对角线交点) 的速度。



● 计算出轮子轴心位置的速度

定义:

为从几何中心指向轮子轴心的矢量;

为轮子轴心的运动速度矢量;

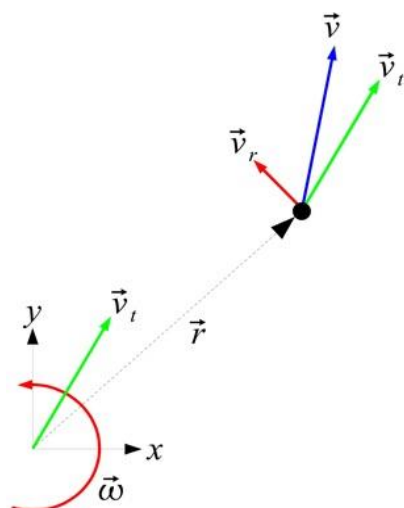
为轮子轴心沿垂直于 的方向 (即切线方向) 的速度分量;

那么可以计算出:

$$\vec{v} = \vec{v}_t + \vec{\omega} \times \vec{r}$$

分别计算 X、Y 轴的分量为：

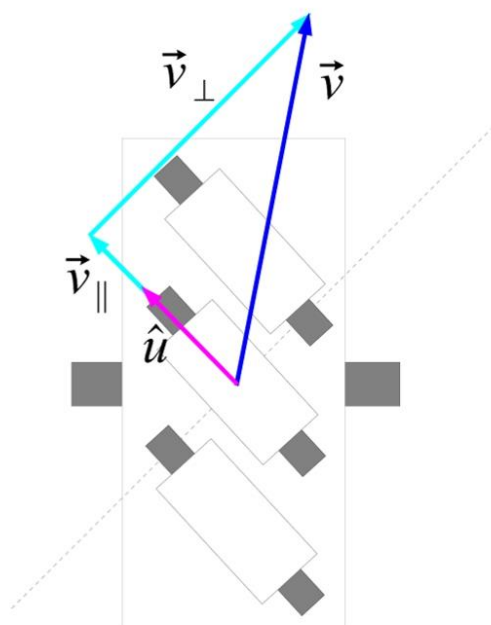
$$\begin{cases} v_x = v_{tx} - \omega \cdot r_y \\ v_y = v_{ty} + \omega \cdot r_x \end{cases}$$



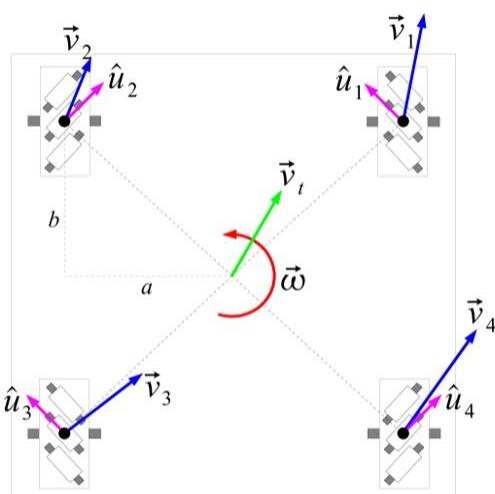
同理可以算出其他三个轮子轴心的速度。

● 计算辊子的速度

根据轮子轴心的速度，可以分解出沿辊子方向的速度 和垂直于辊子方向的速度 。其中 是可以无视的，而 其中 是沿辊子方向的单位矢量。



- 计算轮子的速度



从辊子速度到轮子转速的计算比较简单：

$$v_w = \frac{v_{\parallel}}{\cos 45^\circ} = \sqrt{2} \left(-\frac{1}{\sqrt{2}} v_x + \frac{1}{\sqrt{2}} v_y \right) = -v_x + v_y$$

根据上图所示的 a 和 b 的定义，有

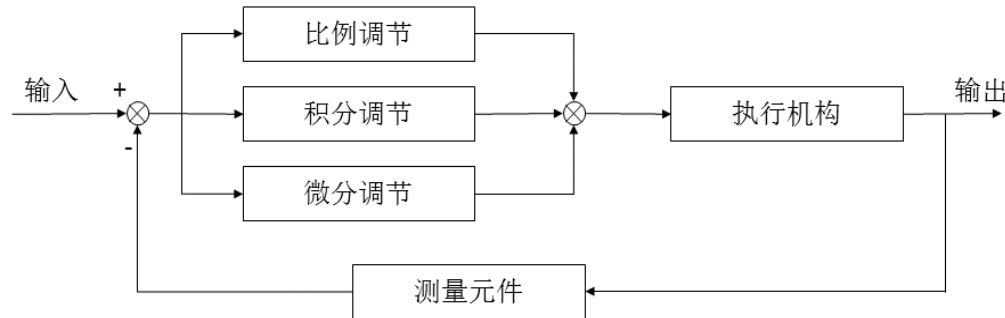
$$\begin{cases} v_x = v_{t_x} + \omega b \\ v_y = v_{t_y} - \omega a \end{cases}$$

结合以上四个步骤，可以根据底盘运动状态解算出四个轮子的转速：

$$\begin{cases} v_{w1} = v_{t_y} - v_{t_x} + \omega(a + b) \\ v_{w2} = v_{t_y} + v_{t_x} - \omega(a + b) \\ v_{w3} = v_{t_y} - v_{t_x} - \omega(a + b) \\ v_{w4} = v_{t_y} + v_{t_x} + \omega(a + b) \end{cases}$$

3. PID 控制

PID 算法的执行流程是非常简单的，即利用反馈来检测偏差信号，并通过偏差信号来控制被控量。而控制器本身就是比例、积分、微分三个环节的加和。其功能框图如下：



根据上图我们考虑在某个特定的时刻 t ，此时输入量为 $rin(t)$ ，输出量为 $rout(t)$ ，于是偏差就可计算为 $err(t)=rin(t)-rout(t)$ 。于是 PID 的基本控制规律就可以表示为如下公式：

$$U(t) = kp(err(t) + \frac{1}{T_I} \int err(t)dt + \frac{T_D d err(t)}{dt})$$

其中 K_p 为比例带， T_I 为积分时间， T_D 为微分时间。PID 控制的基本原理就是如此。

比例就是用来对系统的偏差进行反应，所以只要存在偏差，比例就会起作用。积分主要是用来消除静差，所谓静差就是指系统稳定后输入输出之间依然存在的差值，而积分就是通过偏差的累计来抵消系统的静差。而微分则是对偏差的变化趋势做出反应，根据偏差的变化趋势实现超前调节，提高反应速度。

在实现离散前，我们假设系统采样周期为 T 。假设我们检查第 K 个采样周期，很显然系统进行第 K 次采样。此时的偏差可以表示为 $err(K)=rin(K)-rout(K)$ ，那么积分就可以表示为： $err(K)+err(K+1)+\dots$ ，而微分就可以表示为： $(err(K)-err(K-1))/T$ 。于是我们可以将第 K 次采样时，PID 算法的离线形式表示为：

$$U(k) = K_p (err(k) + \frac{T}{T_I} \sum err(k) + \frac{T_D}{T} (err(k) - err(k - 1)))$$

也可以记为：

$$U(k) = K_p err(k) + K_i \sum err(k) + K_d (err(k) - err(k - 1))$$

4. 机械臂控制

机械臂共有 3 个自由度，分别为爪子的开合、爪子腕部上下翻转、机械臂肘部转动，前两个自由度由舵机控制，肘部转动由电动推杆控制，此外还有滑台以控制机械臂升降。（具体结构请参考 [三.I.2 机械臂结构](#) 部分，此处仅作略写）

机械臂主要完成三项功能：抓取、存放、放置 4 号物块

A. 抓取

a. 行进中粗调

滑台控制机械臂上升到特定位置（根据不同立柱的情况具体确定，一般高于物块，滑台升高真实高度可由编码电机返回的转动圈数及其他参数计算得到），利用 pwm 波控制爪子腕部的舵机转动，使得机械爪朝下。

b. 抓取目标物块

待机器人在立柱前停下后（距离立柱的具体位置根据不同立柱的情况具体确定），电动推杆伸长（具体伸长值可由计算得到，机械臂位置可由旋转角度传感器返回的数据经过处理得到），机械爪向下转动，贴近物体后，利用 pwm 波控制爪子开合部位的舵机，使其抓住物块。

滑台上升，提起物块。

B. 存放 1-3 号物块

提起物块后，机器人继续巡线，巡线的同时完成存放任务。

a. 存放。电动推杆继续伸长，机械臂折下至确定位置，利用 pwm 波控制爪子腕部的舵机，使得机械爪朝下，滑台降低到合适位置后（此时物块位于储物筐的上方，贴近储物筐），pwm 波控制舵机释放物块，落入储物筐内。

b. 复位。电动推杆收缩，机械臂上折，复位。控制旋转圆盘上的步进电机，使存储了物块的储物筐移开，并使下一个空的储物筐转动到上一储物筐的位置。

C. 放置 4 号物块

存放操作基本同步骤 B，存放位置改为 4 号物块的目标框，且无复位操作。

四. 制作时间进度安排

时间	进度
6月12日——7月8日	积极参加机器人培训，队员深入学习各自负责领域的知识，选购需要的材料。
7月9日——7月21日	完成机械结构的加工，安装和调试。 能够完成简单的比赛动作。
7月22日——8月25日	完成电路的搭建和程序的初步设计。 能够基本完成比赛动作。
8月26日——10月6日	对程序及比赛流程进行优化设计，完善程序代码。
10月7日——10月13日	最后的检查和调试。 熟悉场地，准备比赛。

五. 项目预算

事由	单价（元）	数量	合计（元）
定制底盘	300	1	300
悬挂	70	1	70
麦克纳姆轮	125	4	500
麦轮减速电机	140	4	560
轨道滑台	700	1	700
推杆电机	200	1	200
机械爪	200	1	200
转盘轴承	50	1	50
步进电机	100	1	100
定制储物筐	30	3	90
挡板舵机	15	3	45
铝条及连接件	200	1	200
电池	200	1	200
定制红外循迹阵列	12	20	240
其余电路模块	1000	1	1000
总计（元）	4455		