

西电机器人夏令营

SUMMER CAMP 2018

5组技术报告

进度安排表

项目		工期	开始时间	结束时间
1、第一阶段首要任务：完成小车的基本功能，使小车处于全配状态，具备所需要的全部功能		7天	7.28	8.3
2、方案初步设计				
机械	1.近期要完成空地拼车，同时并行开始进行机械臂的草图设计（目标是能够稳固抓取魔方）	1天	7.28	7.28
	2.对设计的机械臂用sw建模，打印初样零件和部分所需零件采购。	1天	7.29	7.29
	3.组装机机械臂，进行初步测试	1天	7.30	7.30
嵌入式	1.主要学习相关基础知识，主要包括包括串口，通信定时器，麦轮结算，PID等方面知识	2天	7.28	7.29
	2.开始编写小车不同方向移动代码，编写出测速函数，以及小车原地旋转函数，即串口函数	3天	7.30	8.1
算法	1.进行坐标定位，实现三维坐标定位，并进行摄像头的采购	2天	7.28	7.29
	2.实现视觉算法颜色识别和物体检测功能	3天	7.30	8.1
3、方案的讨论、迭代				
机械	1.改进机构，对零件尺寸精度进一步把控，优化机械臂，增加机械臂抓取魔方稳定性	2天	8.1	8.2
	2.进行导轨设计制作，并对各种硬件进行安装固定。	2天	8.2	8.4
嵌入式	1.pass路线平移方案，采用拐角旋转以使小车更稳定	2天	8.8	8.9
算法	1.因物体检测繁琐，且费时间，只做颜色识别功能	2天	7.30	7.31
	2.做串口通信，与嵌入式数据互通	3天	8.3	8.5
4、测试与调试				
机械：1.与嵌入式成员共同调试小车，改进小车机构，		5天	8.5	8.9

以更加方便成员们测试。				
嵌入式	1.根据所编写程序，进行调试超声波测距和舵机，主控板等硬件的调试	2天	8.2	8.3
	2.对小车在赛道内行走进行各种功能调试，设定行走路线，规划方案。	3天	8.4	8.9
算法	1.对摄像头调试，和树莓派环境配置及调试	2天	8.1	8.2
	2.与嵌入式进行数据互通调试，并在赛道内进行识别魔方调试	4天	8.3	8.9
5、总装完成、优化				
测试完成后，完全装配小车		1天	8.9	8.10

目录

1 机械部分.....	4
1.1 设计动机	4
1.2 设计需求	4
1.3 设计方案	5
1.3.1 底盘结构	5
1.3.2 机械臂设计	8
1.4 方案的优点与不足	11
2 嵌入式部分	12
2.1 整体方案	12
2.2 运动学解算方法	14
2.3 机械臂与控制方案	17
2.4 功能模块说明	18
2.5 难点与不足	19
第 3 章 算法部分	22
3.1 开发环境介绍	22
3.2 整体技术方案概述	23
3.3 算法整体框架设计	24
3.4 算法功能模块说明	25
3.5 测试结果	26
3.6 可优化方案	26
4 夏令营感想、总结	27

1 机械部分

1.1 设计动机

1. 2018西电机器人夏令营的比赛规则是将参加夏令营的60人左右分为6个小组，每个小组需要在两周的时间的内，自主研发一辆全自动的机器人战车，寻找魔方并成功穿越迷宫，以穿越所用时间长短进行排名，主要设计目的为能够稳定抓取魔方，防范抓不住，或抓住后在小车运动过程中掉落的现象产生。

1.2 设计需求

- 1.夏令营工作人员已为我们提供了一台基础性的小车，轮子和电机以及一些基础结构都已装配完毕。
- 2.功能方面要求小车能够在迷宫中稳定运行，不会因为重心不稳，轮子打滑，或者零器件装配不稳固而导致小车其他功能受到影响，从而出现重大偏差。
- 3.其次需要一个稳定接触面大，摩擦力强的机械臂来抓取魔方。

- 比赛的功能需求

1. 小车能够平稳地走出迷宫，各部件能有序且有效的安装在小车上
2. 机械臂可以夹起魔方

- 各需求的优先级

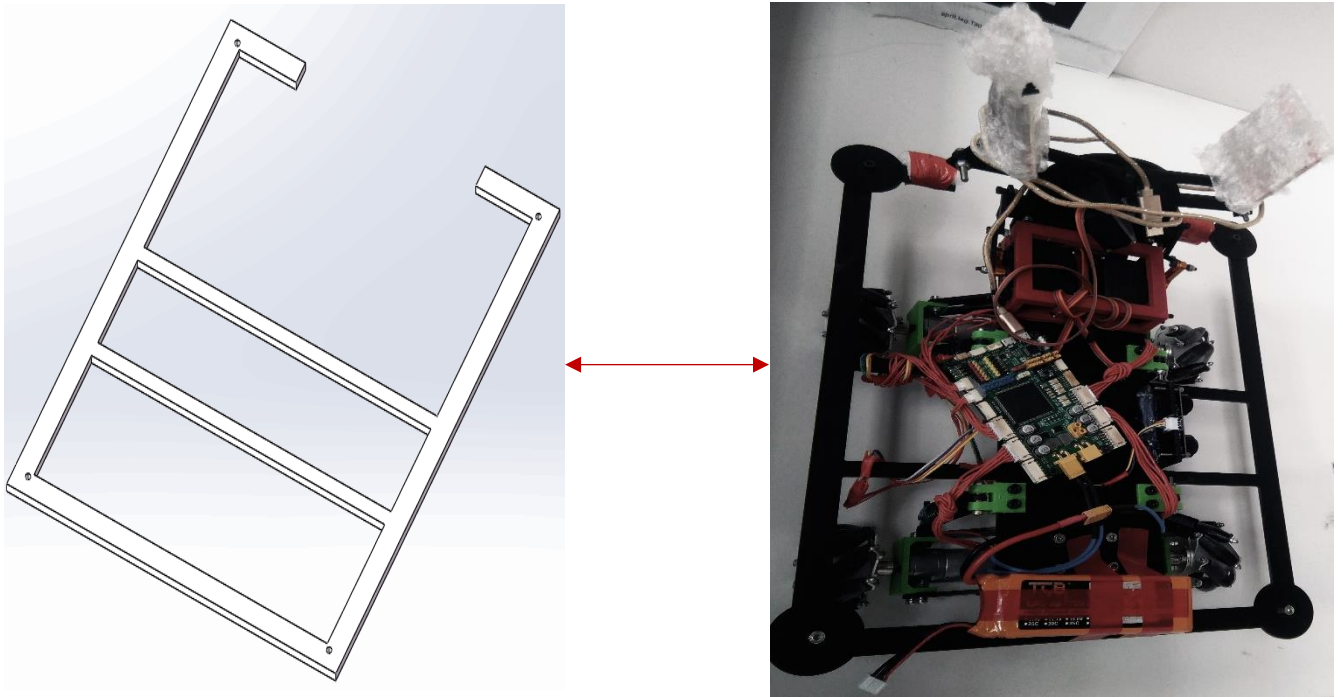
先完成第一个需求，再完成第二个

1.3设计方案

1.3.1底盘结构

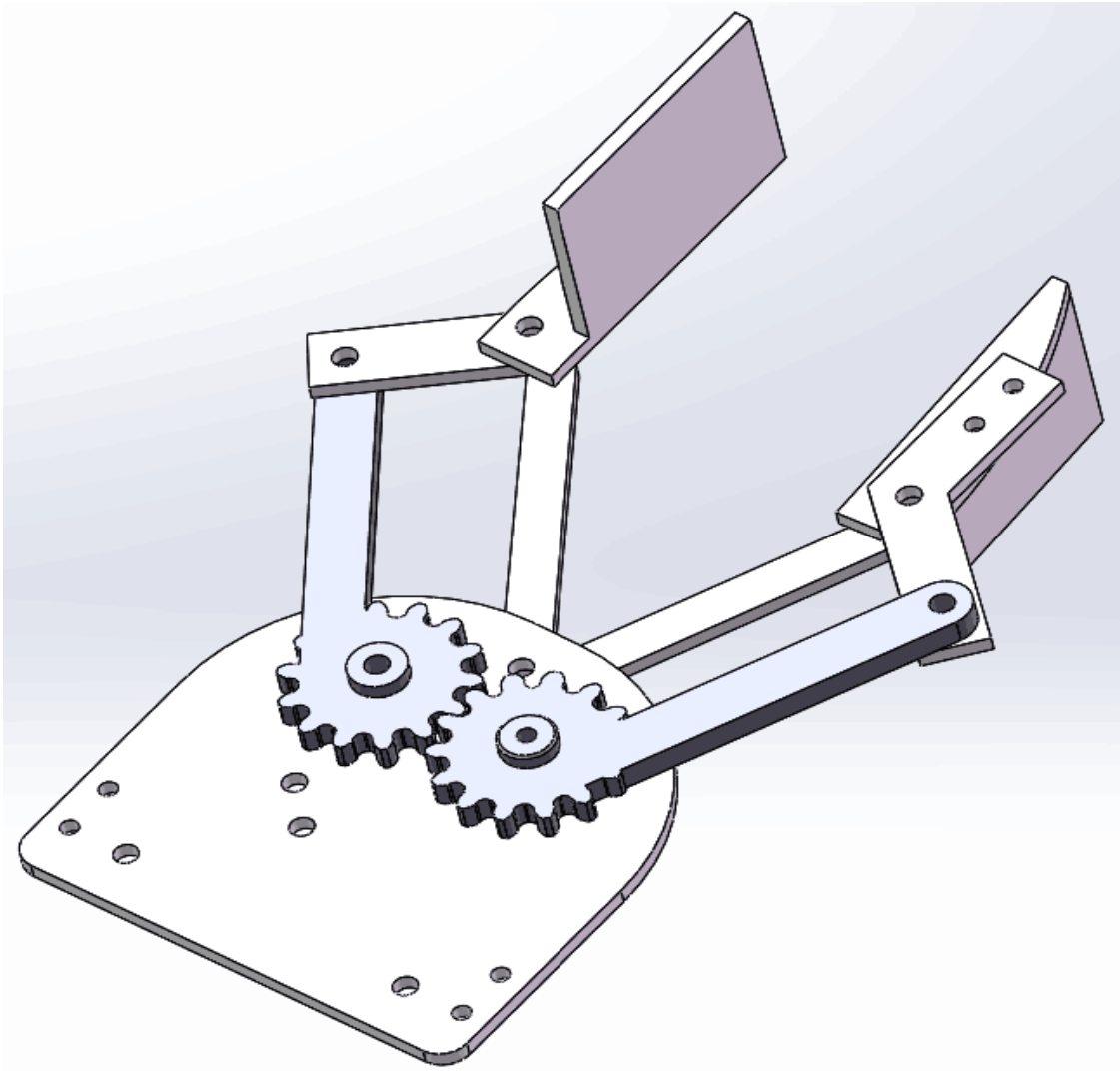
底盘方面我们没有做较大的改动，主要考虑到工作量和难度两方面问题。只是在官方所给的底盘结构的基础上，通过设计加工一些零件，对小车必不可少的树莓派，摄像头，机械臂进行加固装配，并且对小车碰撞进行一定的保护。从而让小车达到一个稳定高装配状态。

1.导轨:



.为了防止小车车轮撞墙、方便调整车身，经讨论，决定制作导轨。导轨由一个整体支架与8个导轨轮组成。前期导轨较宽，易卡在拐角处，质量较大，对车轮负担大，经改动，将原本的“X”型导轨改成“目”字型导轨，减小了质量和体积。

2. 连接大板和舵机：



开始设想的是在机械臂大板上装两个L型支架与小车前方固定舵机连接起来，使舵机可以将大板和前夹举起。但是安装过程中发现该方案不可行，临时换了平行四边形方案，但是板子打出来以后发现平

行四边形方案不可行，但是将两条边直接连接起来时却意外发现可以成功将机械臂举起，虽然戏剧化，但是很真实。

3.固定超声波的底板：用来固定前方及右侧超声波

4.车轮的改动：右后车轮时常发生脱落现象，经过一系列令人崩溃地调整，最后决定用热熔胶加固，效果显著。同时，为了防止热熔胶不牢固，打印了四个连轴器备用

● 稳定性分析

1. 由车轮不稳造成小车无法按直线前进。改进方法：加固车轮，同时增加导轨，使小车可以通过靠墙来调整自身方向。

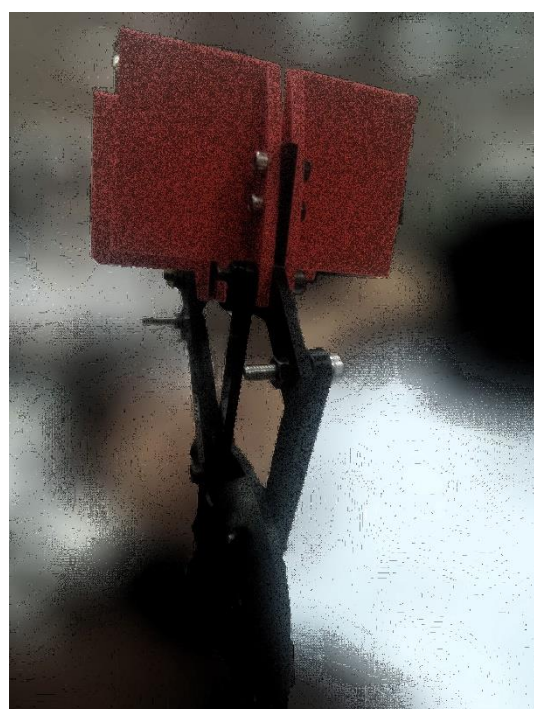
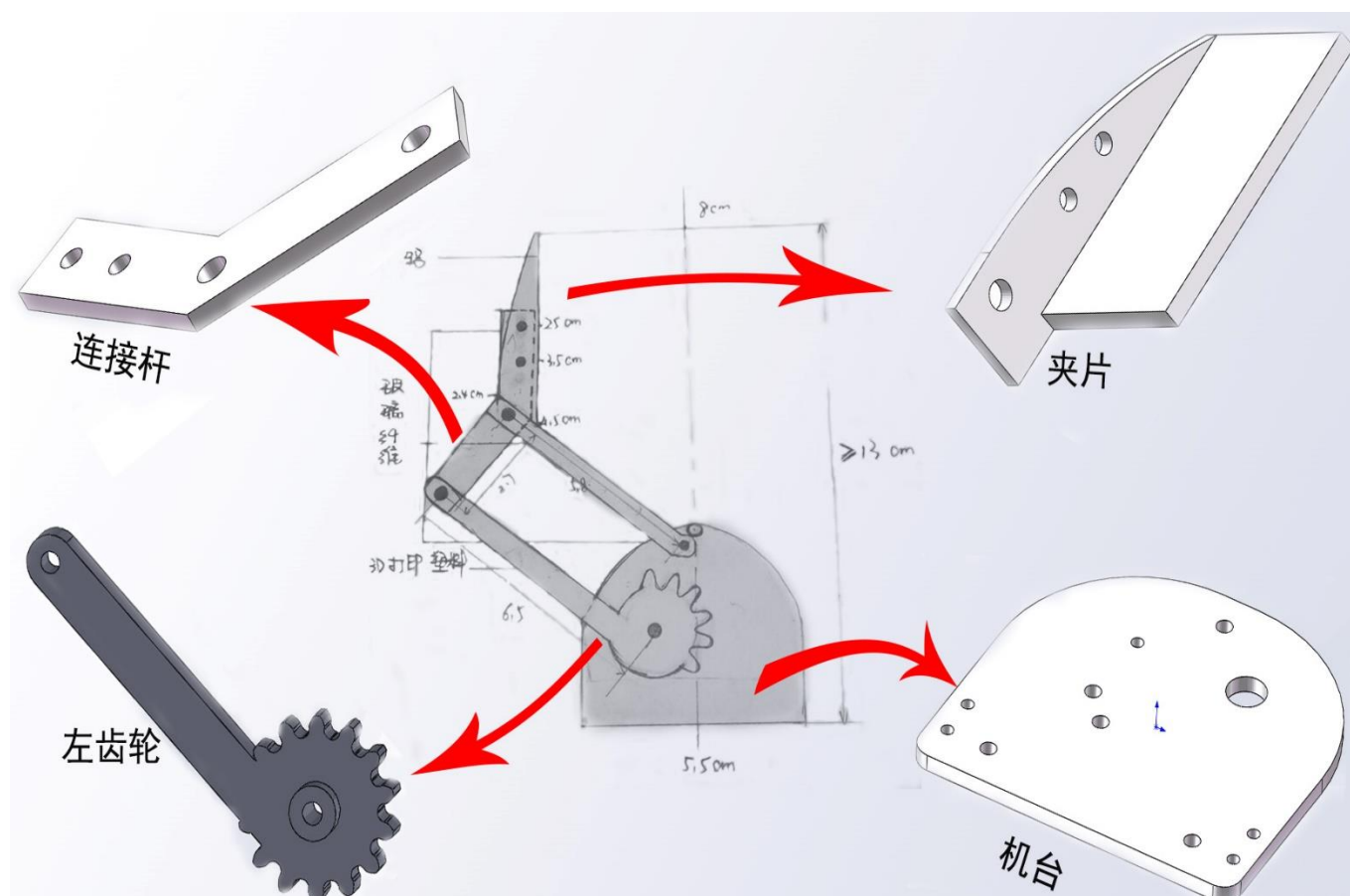
2. 大板接在小车底板上时，由于舵机超出车身，造成小车前方不稳定。改进方法：将大板反装，使舵机位于小车底板内。

1.3.2机械臂设计

1.机械臂的结构。

机械臂结构详图如下

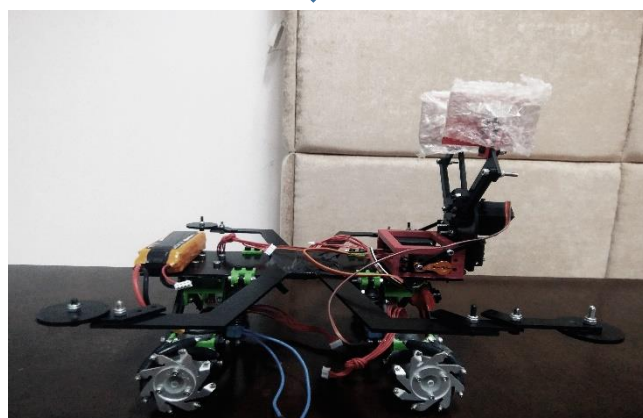
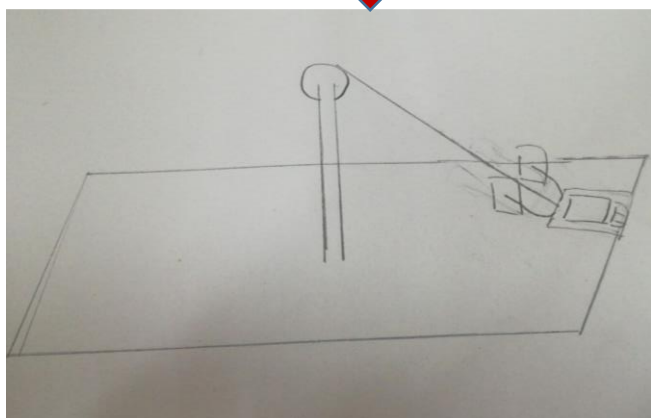
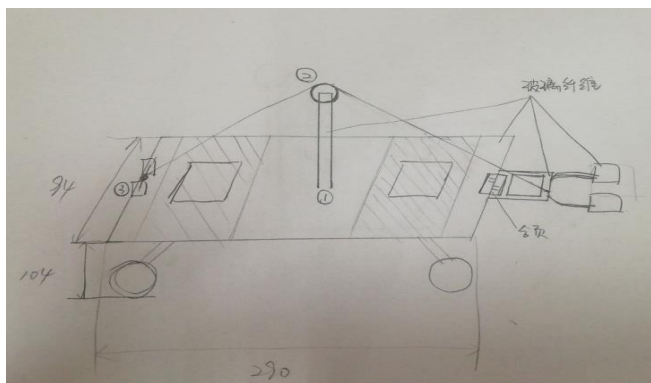




机械臂：机械臂主要由前夹和大板组成。前夹主要负责夹取魔方，大板负责将各零件固定，并负责与小车连接。前夹部分：为保证两个夹子始终平行，设计成类似平行四边形的形状，避免出现夹角为零，由舵机提供动力，与其中一个齿轮连接，带动另一齿轮一起转动，顺时针转动，使得两个夹子靠近，逆时针转动，使得两个夹子远离，从而完成夹取。制作过程中遇到的一些问题及对应的解决方案：两边两根杆阻碍齿轮转动，经改动将两根杆放置在大板底面，齿轮放置在大板上方；夹子部分阻碍杆的运动导致夹子最大张开值变小，不方便夹取，经改动将与杆连接的孔下调；夹子面较光滑，与魔方间摩擦较小，接触面积小，夹取不稳定，容易滑落，经改动增大接触面积和静摩擦力。大板部分：固定舵机及各零件，并用合页与小车相连。

3. 机械臂抓取魔方方案设计

抓取原理示意图



1.4 方案的优点与不足

- 优点：机械臂设计简单、轻便，方便控制，张口较大，对位置精确性要求偏低，舵机较少，操控简单。
- 缺点：机械臂所选的抬起位点有些靠后，前端质量较大，使得抬起用的舵机增多，使得抬起效率降低。

2 嵌入式部分

2.1 整体方案

1. 整体算法和方案

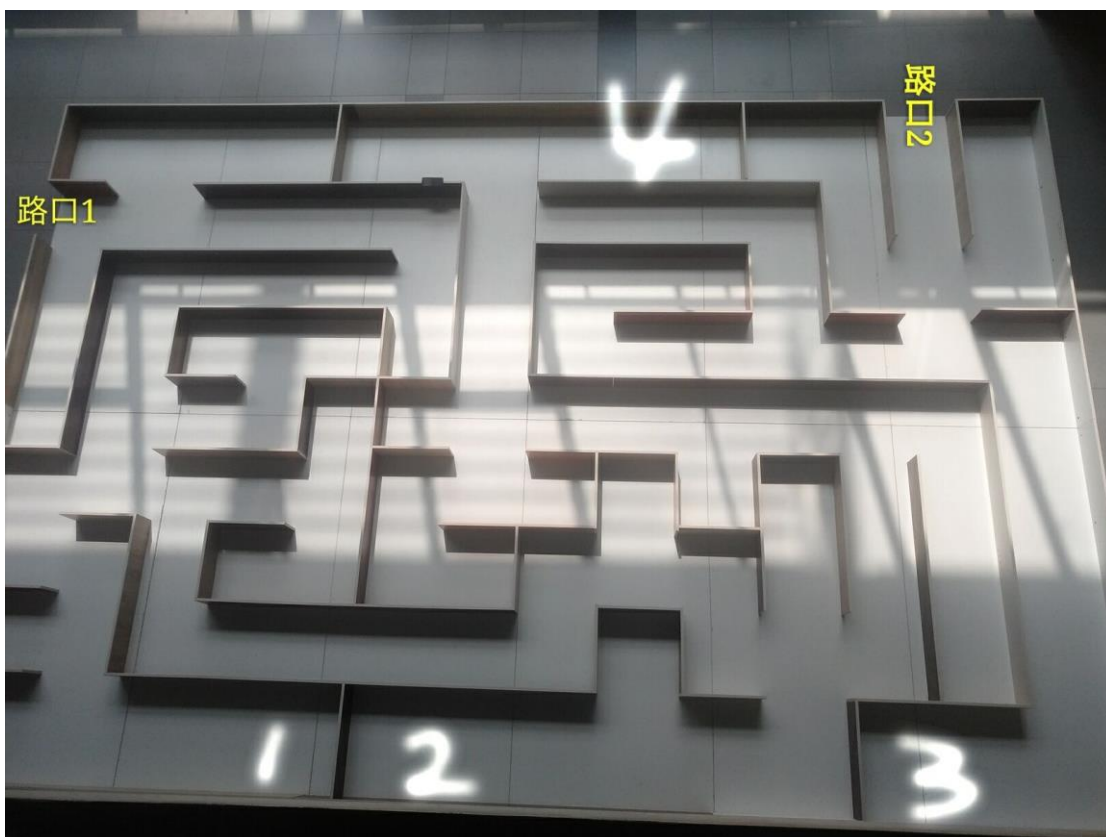
嵌入式方面对小车控制整体上分为两个硬件和软件两个部分，在硬件上利用超声波感知小车周围迷宫的状态，同时使用方形导轨修正小车的姿态。软件上，因为时间有限，所学的知识不足，没有使用PID算法以及陀螺仪控制转向。我们组上采用赛道分段算法，将迷宫每条路拆分为单独的道路，对应一个单一出口的函数，每个函数的函数出口都设置有特定位移操作，配合导轨使用将小车姿态修正为下一个函数的入口姿态，不但增加了小车的容错率，还避免了累计误差的产生。

2. 路径方案

为简化路径算法，我们首先拍摄迷宫地图，并标识了魔方的位置，经过一些讨论，最终决定设计两套方案，每套计划对应不同的入口，指定抓去两个位置的魔方。

这样的话，可以提前设计程序使小车在一入入口时自动识别自己采用哪一种方案，这样在摇骰子确定复原魔方位置后，放入特定入口，便只需行驶至两个魔方位置。

其中，每个方案只需识别的一个魔方是否复原，若没复原直接抓取下一个魔方不需要识别，这样无论在识别次数以及路径规划上，都已经划至最减。



比赛规程：

一、摇骰子，看复原魔方在 1234 哪个位置

二、根据复原魔方位置，选择采用哪个方案

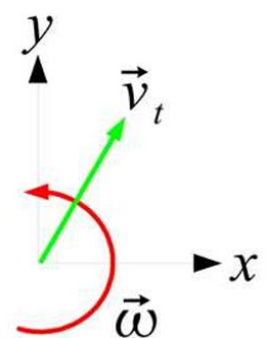
2.2 运动学解算方法

正常有关麦克纳姆轮解算需要分成，底盘运动的分解，轮子轴心的速度，辊子的速度三部分，但根据我们组战术需要，只实现平动即可不需要小车实现底盘传动，因此关于解算麦克纳姆轮只需了解底盘运动的分解，轮子轴心的速度和如何转动轮子实现向所需方向移动即可。

一、底盘运动的分解

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：

$V_t(x)$ 表示 X 轴运动的速度，即左右方向，定义向右为正；



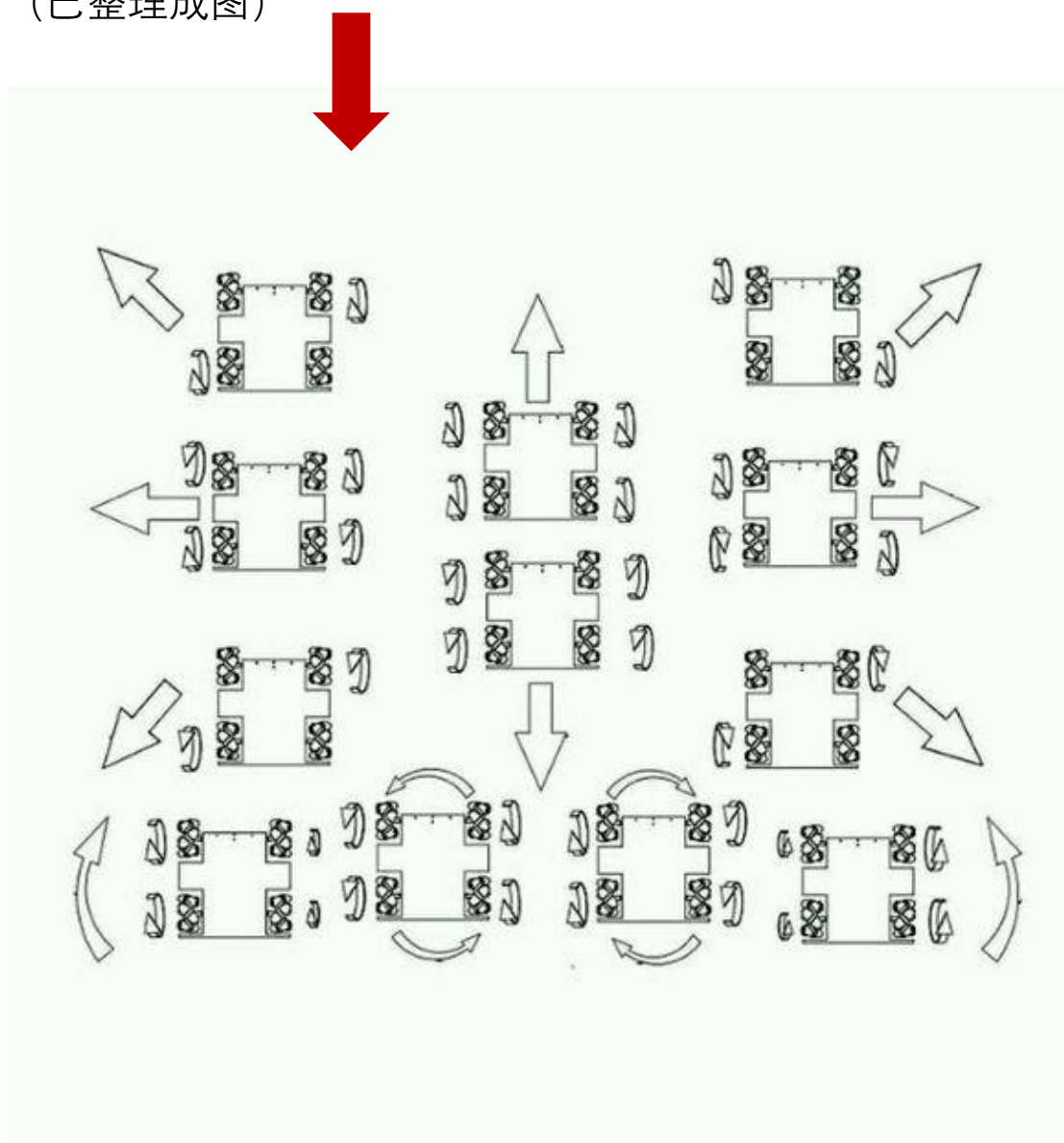
$V_t(y)$ 表示 Y 轴运动的速度，即前后方向，定义向前为正；

Ω 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小车的几何中心相对于地面的速度。

二、轮子的方向与移动方向的关系

(已整理成图)



三、计算出轮子轴心位置的速度

r 为从几何中心指向轮子轴心的矢量；

V 为轮子轴心的运动速度矢量；

V_r 为轮子轴心沿垂直于 r 的方向（即切线方向）的速度分量；

那么可以计算出：

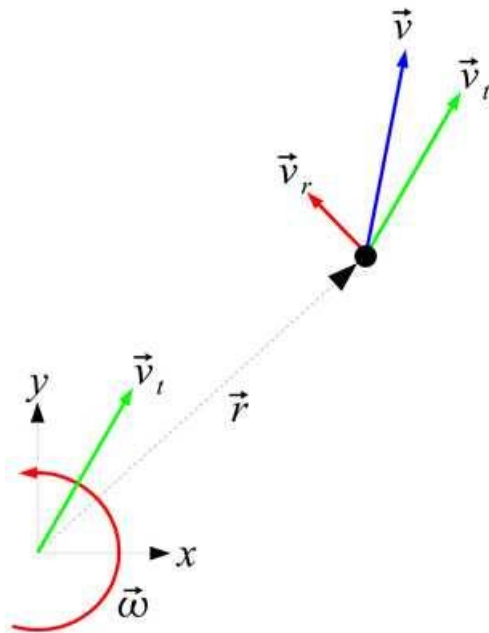
$$V = V_t + \omega r$$

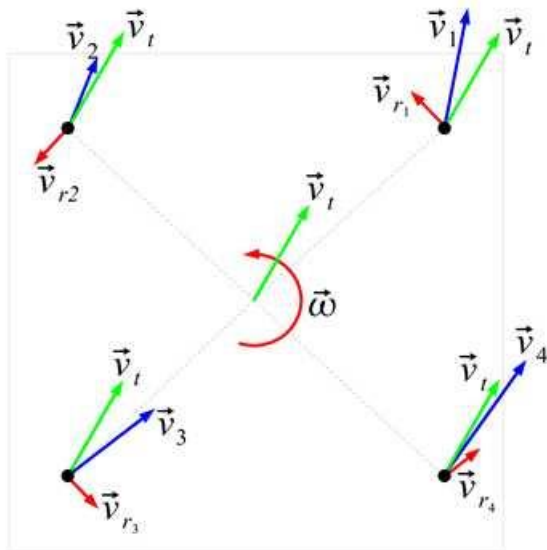
分别计算 X 、 Y 轴的分量为：

$$V_x = V_{tx} - \omega r_y$$

$$V_y = V_{ty} + \omega r_x$$

同理可以算出其他三个轮子轴心的速度。





四、计算轮子的速度

$$V\omega = -V_x + V_y$$

根据图所示的 a 和 b 的定义

$$\text{有: } V_x = V_t + \omega b$$

$$V_y = V_t - \omega a$$

至此我们完成了对麦克纳姆轮的分解。

2.3 机械臂与控制方案

1. 机械臂控制

机械臂采用180度舵机控制，通过舵机测试程序测试出舵机的运动的占空比，然后封装为舵机运动程序使用。

2.底盘控制

底盘控制，软件上使用分段的单一出口函数块消除累计误差，只是用误差较大的电机固定占空比方式移动。因为没有PID和陀螺仪进行姿态修正，在硬件上使用方形导轨利用靠墙定位，导轨辅助下的直线行走，以及导轨卡位辅助路口进入等方式进行底盘控制。

2.4 功能模块说明

超声波测距模块

传感器简介

DYP-ME007YY V2.0超声波测距模组，是采用封闭式分体防水探头设计而成的一款高性能测距模组。测量盲区3cm左右，适合不同的检测条件，是一款操作简单的高性能、高可靠性商用级功能性模组。

与传统的超声波测距传感器不同，本模组使用串口与主控芯片通信，可直接将距离值发送至主控芯片，经测试，发送频率约为每秒12组数据，数据更精确，效率更高。

功能与应用简介

在设计中，本模块用于测量小车与墙壁（迷宫挡板）的相对距离，随

后通过对测量结果的处理，确定小车下一步行走方式或路线。

考虑到串口通信存在不稳定的可能（经测试，数据异常的概率约为5%），同时为了充分发挥超声模组的功能特点，我们采用了接收多组数据后从中筛选出有效数据作为测量结果的数据处理方法，最大限度提高数据准确性。

在特定条件下，由软件打开特定方向（前方、后方或侧方）超声波模组的接收中断，避免了通时处理来自多个串口的数据可能造成的BUG，同时实现了按照需求接收数据，节约了系统资源。

2.5 难点与不足

遇到的难点：

1. 在超声波使用上，遇到了小车停车需要缓冲距离以及多普勒效应的影响，导致停车距离与实际距离不同
2. 在控制电机时，对电机速度的控制调试的不好，不能够很好的使用终中断来读取编码器的脉冲数，在电机的转速与 PWM 占空比的输出上始终没有找到合适的函数关系，因此我们没有做到准确控制单片机的占空比输出。

3.从单片机输出 PWM 波到实现麦克纳姆轮旋转会有两次失真，一次是单片机输出的 PWM 波给到电机时会有误差，由于电机的问题，这个误差控制较难。二是由于小车本身的机械结构的原因，加上机械臂的重量，会导致小车受力分布不均匀从而导致麦轮与地面接触时接触面积不一样，会有很严重的打滑问题还有，由于小车机械结构的原因，避震结构起到的作用不大，由于避震器的松紧程度不合适还会导致整个轮子塌陷，然后麦轮的金属构件与地面接触，有很大的震荡。

4.麦轮左右平移与旋转问题，在对麦轮进行受力分解后对通过改变四个轮子转动方向和速度来改变整个底盘的运动方向，由于上述第一二点原因导致平移不稳。

不足与没有解决的问题：

1. 没有能够实现舵机的精确控制。
2. 虽然有机械结构的缺陷，但是没能够通过软件修正实现麦轮相对稳

定的平移，导致导轨配合麦轮平移的方案失败。

3. 没能使用上陀螺仪以及PID进行精确控制，

原因（1）外界因素测试数据一定程度上需要依赖经验数据，大大增加了测试的时间成本。

（2）小车控制受外界影响非常大，并且过于依赖导轨，降低了小车的稳定性。

第3章 算法部分

3.1 开发环境介绍

开发环境： windows10+树莓派Raspberry-stretch+opencv3.4.1

环境搭建： 1.安装树莓派系统：去官网下载镜像->使用

Win32DiskImager把系统写入tf卡->插卡通电开机配置树莓派系统

2.安装opencv：去官网下载源码包（太慢的话可以先fork到gitee上再下载）->根据指令完成编译安装->样例测试(需要打开摄像头权限)

用到的第三方库：1.opencv（必须；2.wiringPi（用来和主控板chuan1通信，通过程序实现）

遇到的坑：1.第一次树莓派开机后ssh是默认关闭的，需要手动开启，就是在内存卡写入系统完成后先不要插到树莓派上，先在root目录下新建一个SSH文件，没有后缀，不带内容，然后再把tf卡插在树莓派上；

2.在安装好wiringPi库后运行程序时必须加上opencv依赖库，否则链接就会失败，具体的做法是\$(依赖库).

3.2 整体技术方案概述

用到的算法:1.opencv基于HSV的颜色分割（用inrange实现），基于一个颜色的HSV取值范围遍历该图片，完成图片的二值化；

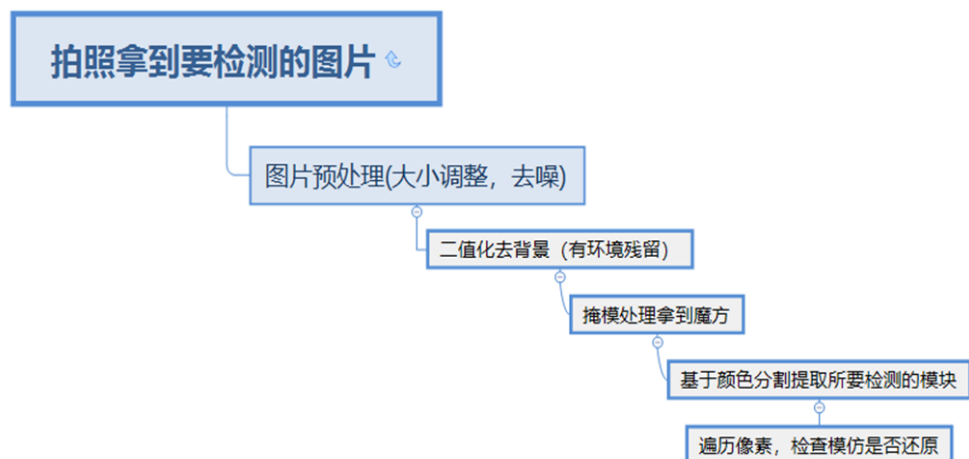
2.掩模技术：原图(image)与掩膜(mask)进行与运算后得到了结果图（copyTo），从而把魔方分离出来；

3.像素遍历：通过一般的循环方法遍历这个二维数组，其实当图片大小适中的时候遍历效率还是可以的；

4.通信使用了wiringPi库，通过指定串口来调用函数直接和主板通信；

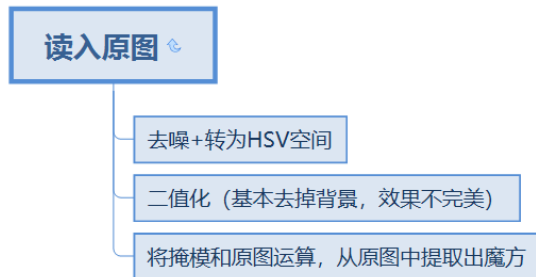
3.3 算法整体框架设计

首先小车到达魔方所在位置通过串口通信打开摄像头，然后首先进行图片预处理，主要是对图片大小的调整，由于这个时候还是RGB颜色空间，所以先转化为HSV颜色空间，然后进行去噪处理，然后二值化，然后进行掩模处理，从而基于一个合适的阈值将魔方从原图中提取出来（阈值不是很完美，还是带了一些噪声），然后就是颜色提取了，基于所选颜色的HSV取值进行阈值分割，这里所选的颜色区间是在网上给到的范围的基础上再经过大量的实验调整得到的，能够比较完美的提取出所需要的颜色，去除背景噪声的干扰。然后对提取图进行像素遍历，判断是否含有我们所检测的颜色从而得到还原结果。

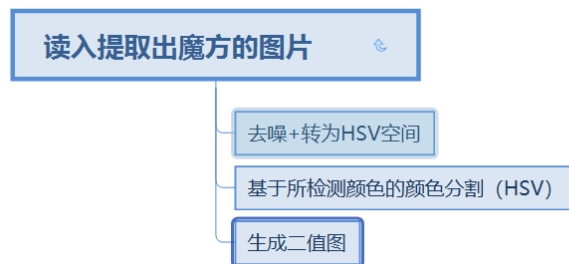


3.4 算法功能模块说明

1.基于掩模和原图运算提取魔方



2.基于颜色分割的颜色提取



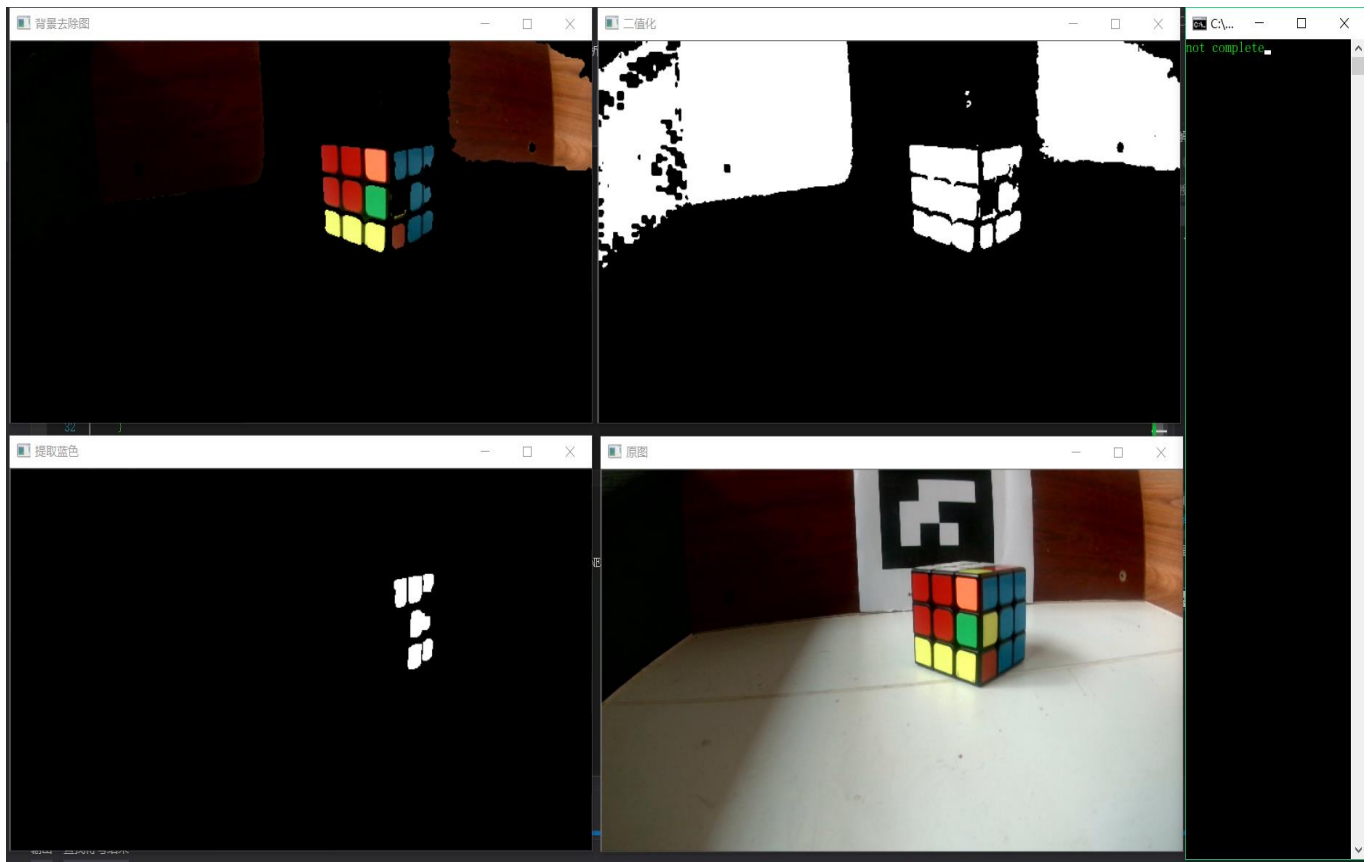
3.遍历像素查找是否存在所要检测的颜色

遍历方法：数组遍历，指针遍历，迭代器

遍历

4.将结果返回给主控板

3.5 测试结果



3.6 可优化方案

在优化时候想缩小研究空间，想基于轮廓检测做出魔方的外接矩形，然后提取这个矩形所在的区域作为研究对象，但是在二值化处理后外接矩形的效果不是很稳定，不是能完美的框进魔方（这里可能有办法可以做到，是自己太菜了），导致了色块损失，这样结果也必然会出问题，所以又回到了原来的对全图遍历，其实这样效率也没差多少~。

4 夏令营感想、总结

为期二十天的夏令营终于结束了，当初每一个人报夏令营的目的，都是为了提高自己。二十天已经结束，是否有所成长，是否有所提高也只有我们自己知道。但不可否认的是，这的确是一个很具有实操性质的夏令营。不再是单纯知识枯燥乏味的学习，有各种干货待消化，有一定金额让自己去采购所需物品。在夏令营的二十天对于每一个人都有不同的意义和体验。

对我而言，这是我第二次在学校参加为期不算太长的团队赛，很高兴能和我的组员一起在五组大家庭，正如性格测试结果一样，我们是10个性格容易相处的人，彼此之间相处很是融洽，没有因为一些矛盾而闹的面红耳赤，而是笑着解决每一个难题。没有个人主义形式，均为团体而战。很喜欢一群人大晚上一起回宿舍的感觉，在这个过程中，享受并伴随着疲倦和厌烦。

整个夏令营共三周的时间，前一周的时间比较轻松，主要学习了一些基础知识和基础软件的应用。而后两周的时间对于我们而言还是

很紧张的。

在夏令营的后两周内，我们每天早晨各小组制定计划，晚上开会总结。就这样一转眼度过了两个周。尽管每天都在制定计划，记录进度，但我们还是低估了比赛的难度，以及过程中出现的种种玄学问题，使我们组的进度进展很慢，本以为可以一周完成小车的基本功能，却没想到在比赛前一天还在调试小车走出迷宫路径，内心是真的凉凉，在这次比赛中最辛苦的莫过于电控组，从比赛周开始到结束他们一直在忙碌着，相信这是一次很好的磨练。越努力越幸运，相信夏令营结束之后每个人都能在身上找到一点不一样的自己。



在这次夏令营，我体验到了团队的重要性。我们做出来的车，每个人都付出了自己的心血，遇到困难实现不出功能时，大家都会着急。做出车时，大家都会很开心。期间也明白了团队中沟通和理解的重要性。



这次夏令营对于生物专业的我来说是一次全新的体验，一切从零开始，从头学起。我加入的是机械组，从一开始的一脸懵逼，到现在成功设计出我们组的机械臂并且可以熟练的对 SolidWorks，3D 打印机和雕刻机进行基本操作，这来自于 staff 的教授，队友的帮助和我自身的学习。这次对我来说是一个美好且难忘的体验，没有白白浪费这 3 周，学到了技能也看到了自己还是有潜力的，有能力去改变自己所处的现状。



紧张而充实的20天夏令营终于结束了。

在这20天中，我的收获非常的多。首先是技术的巨大提升。其次，收获了友情和很多平常得不到的东西。

最开始的一周中，我们彼此学习新的知识。感觉每天被海洋一样的知识笼罩着，但是我们就这样的一点点进步，直到有了一定的基础，可以完成这个小车的制作。

后面两周各组各司其职，在非常和谐的环境中，度过每一天的忙碌时光。早上9点，所有人从宿舍汇集到大活，尽管几乎没几次准时开门，我们都很努力，一直到晚上九点十点。，最后的调车过程当中，几乎没得休息。

我本身属于算法组的一员，活属于相对少一些。但仍然感觉到了团队的气氛，如果这个假期在家里，碌碌无为的度过。我可能什么都收获不了，只有花掉大笔大笔的钱。因此我觉得这个夏令营十分的充实，让我获益匪浅。

十分的感谢西电机器人俱乐部，还有我们的强大的staff团队，你给了我们这次机会，让我们能够完成巨大的提升。

最后五组永远是一个整体，无论我们做到什么程度，我们都努力了，我们做到了，所有的人都会继续的进步，我们就是未来西电之星



staff，是他们，给了我一个充实的暑假。

一个火热的夏天，一群充满激情的同学，在这里相遇。这20天里，我们付出汗水，历尽艰辛，也学到了知识，收获了友谊。我真正体会到，与一群志同道合的人一起学习技术，一起攻坚克难，一起熬夜通宵，累并快乐着的感觉。感谢队友，感谢RM战队为我们辛勤服务的所有



一个炎热的夏天已经过去，在夏令营的20天里，我学到了很多东西，比如stm32HAL库的使用，如何用cube配置一个文件，也学到了一些机器人的基本知识，对麦克纳姆轮进行了一定的了解，学到了很多数学知识，对调试的方法更熟悉了。更重要的是，在这里遇到了很多努力的同学，大家一起学习，一起解决问题，一起调车，一起看代码，反正很充实，有时候调不出来车也会难过，但是大家都会主动背锅，并不会互相甩锅，一起想办法，都会解决的。嗯，就这样。



累

1. 理论可行性和实际实现有着非常大的差距
2. 每一个问题的解决都能够有经验与知识的积累
3. 想家里的饭菜了



通过这次夏令营，我学习了计算机视觉方面的有关知识，了解到了当下比较流行的算法，感觉这三周过的很充实，和大家相处的也很愉快，自己也获得了一定的成长，但是还是有很多不足，我会在以后的学习中继续努力，提升自己的编程能力和解决问题的能力。



在夏令营里学会了用solidworks,只不过电脑崩了让我有点难过。在这二十天我和袁老板，杨老板一起把机械铺子经营的很不错，为我們的小车做了好多零件，还有小机械臂。用过了3D打印，切割机，体验还不错



这21天很充实，在老校区参观了，人工智能学院感受最贴近生活的科学应用，探索了超净间实验室，初次体验了无菌的工作环境，还顺便约见了研究生学长聊聊人生。在新校区无论是还是在107还是511都感觉自己在不断的进步，虽然我是一个纯技术白痴，但是在积极参与了小组进度之后，不仅学会了焊接技术和各种连接线的拼装、机械的车轮调试，也学了51/31单片机的一些操作，

非常幸运组里其他三个电控兄弟都是大佬，才填补了我有心出力但没有能力帮忙的空白尤其是他们经常熬夜，甚至通宵的调试车，真的让我留下了不争气的眼泪，不过我也没有只望洋兴叹，我总组内最基本的做起，在战术，调车轮，绑定，焊线等基础工作替他们分忧，努力替他们减轻负担，真的很感谢第五组同学的付出和对我的包容，在这21天交到了很多走心的兄弟又学到了多知识，收到了很多勉励真的是非常开心幸福，第五最棒，明天一定会不留遗憾全力发挥的