

写完所有的东西回过头来写了这第一段，主要是更方便大家阅读，文章分为三部分：

第一部分：看到活动后立即开始码字。

第二部分：在飞机上无聊码给队友一些比赛关键点。

第三部分：暑期夏令营结束后码的一点点总结和报告。

-----万恶的分割线-----

每次写东西，总觉得要在正文上面写点什么，而且每次写东西都想把自己知道的东西都写出来，但是又因为文采一直是短腿，文章写得就支离破碎的，所以请大家多多包涵，里面甚至还能有一些错别字，用语不当的地方，希望大家指出，进步你我。思密达。。。

本来很久之前就打算写这个帖子，但是当我熬了一夜写完东西后发现论坛再也上不去，各种翻墙也是无效啊，然后就迎来了新年，各种抢红包的，神马七大姑八大姨的，各种被拽去聚会的，被拉去五黑 LOL 的，故耽误了这么久。所以十分感谢好友“wild_farmer”的帮助，好一个狂野的庄稼汉，让我重新能水论坛，欢快逗比的玩耍了。

由于楼主参加过暑期的夏令营，所以当时结束之后，楼主写了一份总结报告。借这次活动的机会，故把这份技术报告拿出来和大家一

起分享一下。所以本次主要内容是在那份总结报告上做修改的，楼主的笔风属于那种逗比搞笑的，主要觉得这样更容易让大家接受。同时也增加了一些其他的東西，就比如我给我们机器人队里写的一些東西。


第一部分

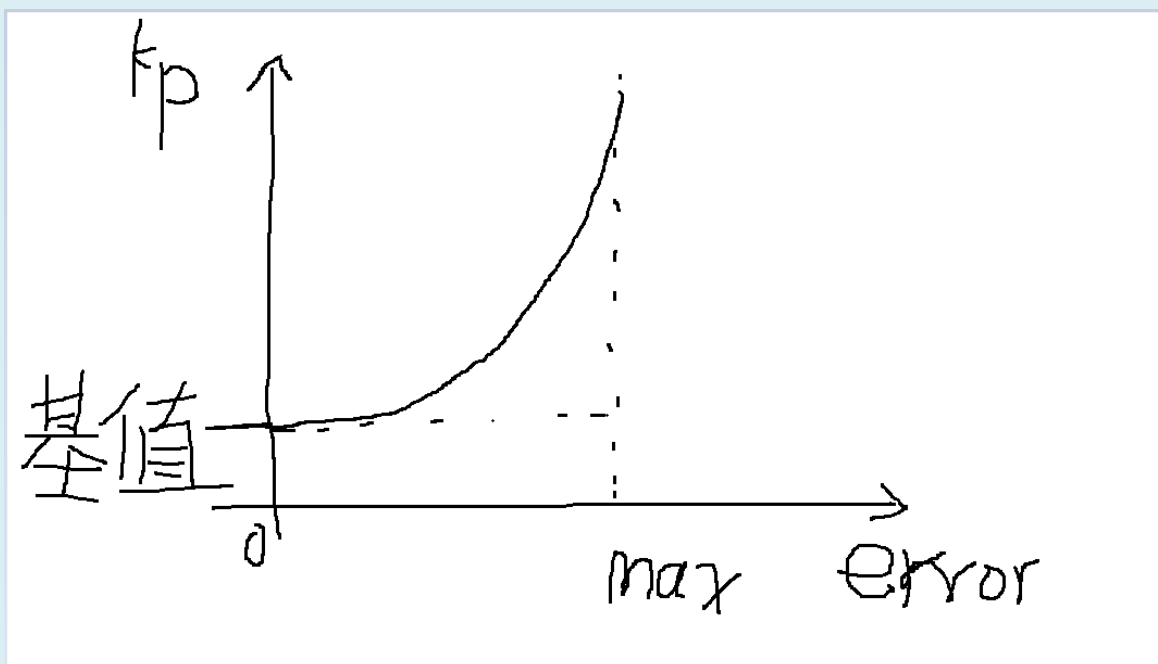
大家报名参加这个比赛，想必一定会有比较好的基础，每个队伍里面也一定有几个核心人员。所以，像一些什么 C 基础，编程风格，PCB 布局走线，单片机使用，增量式位置式 PID 控制，双环串级控制啥的这里就不说了，网上有好多好多学习资料，而且也很经典。或许是想到哪，写到哪，但应该都是最近大家在群里或者培训时候问的那些。包括 CAN，底盘全方位移动，遥控解析什么的。

由于楼主参加过很多比赛，所以已经形成了一种思维习惯。搞控制这些东西，无非就是想让你的控制对象按照人的大脑去完成一些动作，进而去消除产生的误差。所以整个的一个核心就是消除误差，无论是手动也好，自动也罢，有误差便响应，至于响应的好坏快慢，整个控制系统是否稳定，那就取决于控制算法，最简单的就是 PID 控制，一般参数调一调就可以使用了。（如果这就说完了，想必大家都想打

死我，也太能糊弄人了，哈哈） 楼主习惯性使用那种动态 KP 的方法，也就是系数 KP 随着偏差的变化而变化，这里有一个公式：

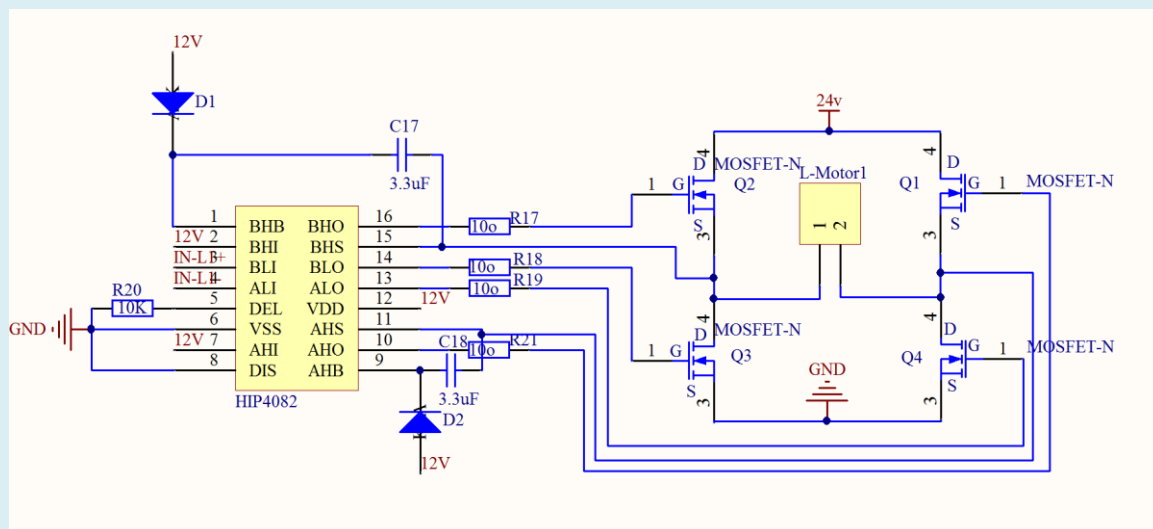
$$\text{动态 KP} = \text{偏差} * \text{偏差} / \text{系数} + \text{基础值}$$

也就是说 KP 与偏差呈二次函数关系，当偏差很小时，响应不必剧烈，而当偏差增大时，KP 也会由于平方项的存在而快速增长上去，达到大偏差便快速响应的效果，使控制曲线变得好看多了。非常简单粗暴有效的方法，比那些极点配置，状态观测器来的有效的多。原谅我贴一个这么丑的图，更原谅逗比的我。



控制系统就先说这么多，核心就是消除误差而已。至于那些，硬件，软件，机械，都是为了构成这么一个控制系统而存在的。像硬件，往往更多的是经验上的东西，就比如一个 24V 稳 5V，方案有很多，晚辈之所以敢用，往往是因为有前车之鉴，或者是有像我一样的人，总是跟实验室的下一届吹牛逼说我的驱动多么多么的好，你们尽管用吧，哇咔咔。所以硬件其实没什么难处，把能产生的电压搞定功耗达到就好，电机的驱动桥搭好，通讯接口，调试接口等等，还是那句话有人用过了咱们就敢用。我们队伍大部分的原理都是采用官方的，只不过封装换一换，换一些芯片啥的。大家放心的使用，画 PCB 时候多注意点就行了。我们的板子大多是送到淘宝上打样回来自己焊接。

这里给大家一个直流电机驱动原理图，是一个全桥驱动芯片 HIP4082 做的，比官方提供的好一些，不需要控制信号，避免那些不看电路图的队友写出烧板子的程序去看板子冒烟玩。（这话写的也是醉了，自己都读的不通顺）



由于楼主之前参加过飞思卡尔，电赛等等的比赛很少用过 CAN 通信，当时去了夏令营还害怕了一下下，觉得要坑队友了。这几天看大家好多也在问怎么学习 CAN。其实 CAN 通讯大家不要想得那么难，把底层配置好了之后就是模板套用。用 DJI 好基友“军哥”的话：其实技术这东西都是相通的，用过单片机的都知道串口通讯，也都是从不会到会的过程，花点时间去学习自然会搞定，而 CAN 通讯相对于串口来说就是底层配置稍微麻烦些，然后就是照着模板一样使用就 ok 了，我就不贴图了，CAN 通讯大家可以参考一下官方给的例程，就是一些协议上的东西，定好了 CAN 地址就行。其实我也没有具体去参考哪本书，就是根据程序看了点底层，然后照着模板尝试着写了一个，动手调试一下，就会发现这块 CAN 这块已经算搞定了。大家可以试着写一个简单的调试程序，用一个板子通过 CAN 协议点亮另一个板子的 LED 小灯。（醉了，又是点亮小灯）

至于全方位运动底盘的控制，推荐大家看一下我附录中的一个文章。重点是这个公式：

$$\begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \end{bmatrix} = \frac{1}{R} \begin{bmatrix} 1 & 1 & -(L_1 + L_2) \\ 1 & -1 & (L_1 + L_2) \\ 1 & -1 & -(L_1 + L_2) \\ 1 & 1 & (L_1 + L_2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_s \\ v_y \\ \omega_0 \end{bmatrix}$$

使用这个公式前一定要将你的轮子的轮号定义成以下方式，并且轮内那个小滚轮方向（学名绝对不是这么叫的）也要遵循以下这种方式。至于程序上，就是将遥控给的 X, Y, W 方向上的控制量分别求出，然后按照公式分配到各个轮子上即可。

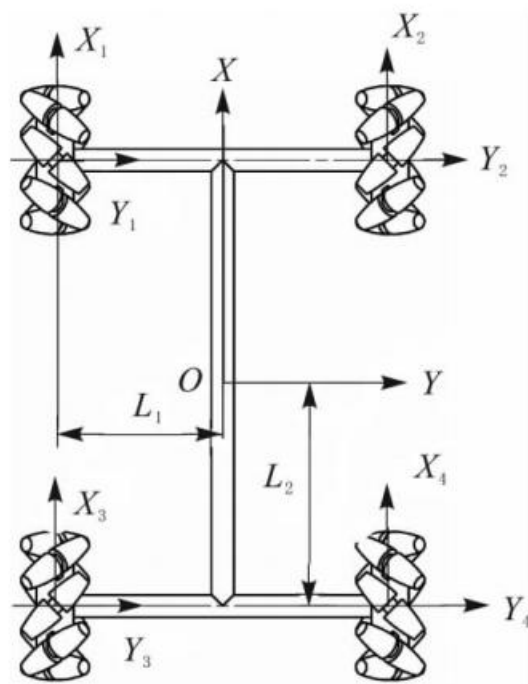


图 1 麦克纳姆轮结构

2015.02.16

第二部分（无删减的原版）

HI，机器人队的小伙伴们：

本次机器人比赛为对抗形式的，所以关键点在于如何在战场上取胜。当然机器人的稳定性必不可少，灵活的机动性也极其重要。而最为关键的就是弹速要快，威力要高，准确度要准。

决定弹速的点在于送弹电机能否提供理想的转速，还有当弹速加快的时候发射机构是否能胜任，（在夏令营期间遇到弹速给得太快，后续的子弹弹道不一，威力大小不同，甚至出现卡弹现象。）

决定威力的点在于摩擦轮的转速，本次方案已经采用大摩擦轮方式，提高了线速度，最终达到提高子弹初速度，增大威力。但是带来的负面影响就是，摩擦轮的橡胶圈得不断订做调试，过紧出现橡胶圈容易断裂现象，过松，当无刷电机转起来会出现将橡胶圈被甩飞现象。反而影响子弹的正常发射，容易造成卡弹，甚至憋坏无刷电机烧电调。想办法能将橡胶圈粘死在机械圈那个结构上。（貌似官方会限制初速度的）

决定准确度的点，首先保证前两者做的好，那么这个点就容易了一些，主要取决于操作手的感觉以及反应。如果考虑给射手加上自动瞄准系统，那么准确度就会大大提升。但是需要考虑成本。因为辅助瞄准系统，需要跑 OPENCV 的 PC 机。还需要一个自动调焦距的摄像头。

视觉上识别出对方车位置，反馈给底盘主控(X, Y)坐标，偏差量融合到遥控里，进行闭环控制。这里要说一下，当时是直接根据偏差量算出电机输出，给到云台电机上，但是效果一直不好。最后采用的办法是将偏差闭环后得到的量给到遥控控制量上，这样效果好多了。

以上三点做的好，取胜的几率大大提升。至于炮车，也是一个非常具有威慑力的武器，炮车的子弹为高尔夫球，威力大概是射手车的五倍。（射手十枪 KO 对方，炮车只需要两枪）而且更值得考虑的是，今年的炮车是可以全场手动操作移动。炮车必须要配上自动辅助瞄准系统。遇到地方车辆，切换自动发弹打击，追着敌车屁股打也是极爽的一件事情，俗称爆菊。那么如何手动操作炮车全场移动，此时便需要爬杆机器人做得好，至少能把摄像头图传带上塔顶。说回炮车的关键点，炮车 PITCH 轴电机并不是很理想。不能够很好的将发弹口角度锁住，每次打弹的弹道不一致，远距离很难保证命中敌方战车。而且水平面内的距离估算不准确，很难找一个好的方法去解决，除非采用双目（两个摄像头）方案，或者激光雷达。即便是水平面内的敌我距离得到的很准确，也很难保证高尔夫球的弹道轨迹很准确。所以前期先调试带 PITCH 轴，努力想办法解决锁住它。如果后期实在不行。可以采取将炮口固定住，只考虑敌方战车靠近我方基地，或者敌方战车距离我方炮车比较近的时候，采用子弹平射打击对方车辆的战术。

再者要明确比赛取胜的唯一判定方法是，摧毁敌方基地便可。而

且从我在大疆夏令营期间的多场对抗比赛中感悟出，比赛倒计时开始，便快速冲向对方基地，这种**战术取胜**的场次更多些。战车做完后，平时多练习。

本次比赛与以往不太相同，这是一个我认为相对高大上又极具有挑战的一项比赛，台上三分钟，台下十年功，这个不看你机械好不好，不看你代码工整与否，也不看你硬件完美不，只看赛场上那短暂的五分钟。而五分钟的秀，也足以证明机械软件和硬件的配合比较理想与完美。

最后，队里的大家都是好伙伴，都是好基友好同志，希望大家能够同心协力，将心拧在一起，快快乐乐，开开心心的搞基捡肥皂。而最终的名次与结果都是附带而来的。

Ares！势不可挡！

果断觉得这个口号一点也不朗朗上口。哈哈。祝大家开心~~~此时此刻正在飞往深圳的航班上。虽然很困，但还是决定写点什么。大家坐等我回去捡肥皂~前文写的很正经，后边越来越不正式，没办法，我就是这么一个逗比的队长。哇咔咔。

2015. 01. 26

张永超书

第三部分

全国大学生机器人科技创新夏令营

技术报告

队伍名称： Phenix 不死鸟

参赛队员： 张永超

张田飞

戚晓琳

李昊南

王启铭

指导老师： robomasters 部门全体工作人员

目 录

第一章 引言	14
第二章 机器射手整体方案设计	错误!未定义书签。
2.1 射手的硬件及机械结构	2
2.2 射手的底盘控制	3
2.3 射手的云台控制	4
2.4 射手的发弹机构	19
2.5 自动辅助瞄准系统	6
第三章 机器炮手整体方案设计	8
3.1 机械部分	9
3.2 硬件部分	9
第四章 装弹机构整体设计方案	11
第五章 总结与感受	21
参考文献	22



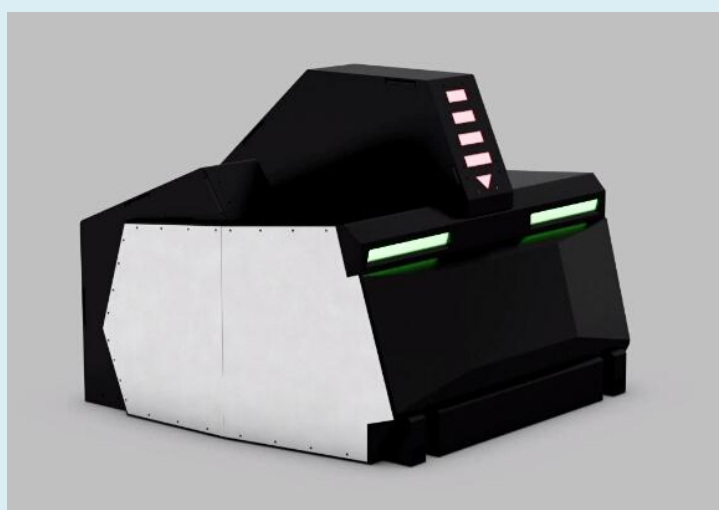
比赛场地



机器炮手



机器射手



基地

第一章 引言

全国大学生机器人创新夏令营是深圳市大疆科技有限公司主办，香港科技大学、团中央学校部、全国学联秘书处、教育部高等学校机械类专业教学指导委员会、教育部高等学校计算机类专业教学委员会承办的全国大学生机器人科技创新夏令营。以“智能对战”为主题，参赛队的机器人将在规定的场地上以击毁对方基地为目的进行比赛。

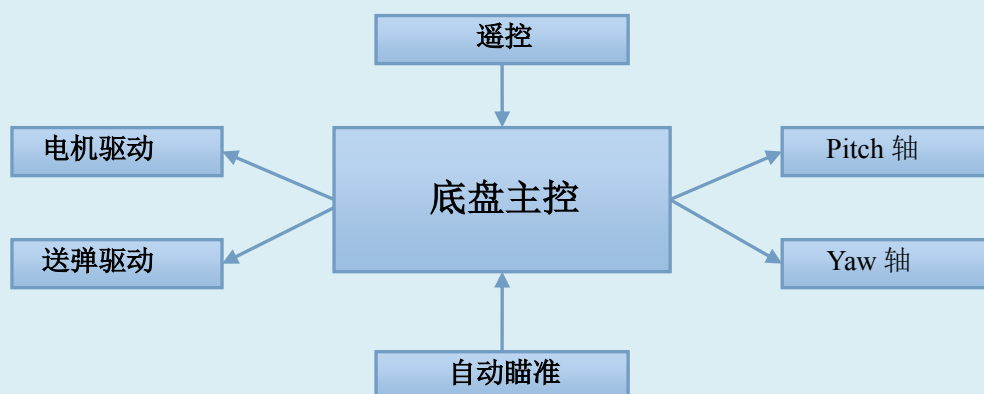
该比赛每组参赛队共有四台机器战车，其中三台为手动机器射手，一台为全自动机器炮手。比赛场地上设有固定障碍物、移动障碍物，坡路、桥洞、挡板等多元素化因素，并且设有玩家的参与，操作手操作自己的战车在场地上选择最优路线攻击对方基地，战车车壳及基地上都装有传感器，子弹打到传感器上会使车辆血量下降，而取胜的唯一判决是基地血量，所以就产生很多的玩法与策略，这便是这个比赛最吸引人的地方。

机器战车的底盘，硬件电路等由大疆公司提供，底盘控制、云台控制、发弹系统控制和自动辅助瞄准系统等功能实现需要自己独立完成。实现功能往往比较容易，在实现功能的基础上抱着什么态度去继续完成后续工作往往更为重要。

本报告主要以“射手”、“炮手”、“装弹机构”三个为主体展开阐述，涵盖了各个方面，包括一些总体方案，注意事项，控制方法，最重要一点是比赛完后，整合整个夏令营里面好的东西实用的东西，作为建议列写出来。在报告的最后附有一些感悟，希望能留给下一届一些传承。（但由于硬件电路、车模底盘、发弹装置，双轴云台等由公司设计并且提供的，这里不做详谈。）

第二章 机器射手整体方案设计

机器射手充当整个战队里面最有效、最灵活又最具有战斗力输出的一个角色，所以射手的性能极其关键，性能的好坏直接影响到一个团队成绩的好坏，所以我们在射手上也下了很多的功夫。



系统结构图

2.1 射手的硬件及机械结构

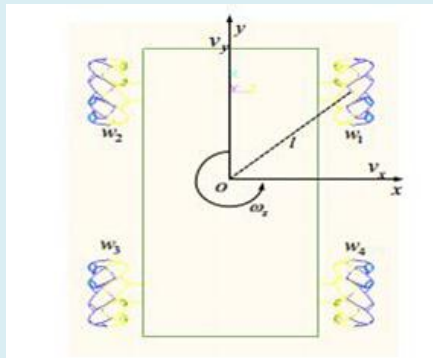
由于车体底盘，双轴云台，发弹机构等机械部分；底盘主控，云台主控，电机驱动等硬件电路部分是由组委会提供，所以初步的工作就是对其机械部分组装，硬件部分布线连接。

机械结构调整及硬件布线应该注意以下几点：

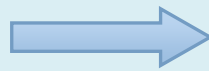
- （1）车模尺寸应严格符合大赛组委会的要求；
- （2）每一个部分都应稳定牢固，不定时的检查维修，尤其是减震处；
- （3）在稳定牢固的基础上尽量要轻，提高射手的响应性能；
- （4）硬件布局应考虑 SWD 接口位置，方便每次烧写程序；
- （5）走线应简洁整齐，转接板处应用胶粘死，避免接口松动；
- （6）去掉了枪管处存留子弹的小卡簧装置，避免卡弹现象；

2.2 射手的底盘控制

车模底盘轮子采用的是麦克纳姆轮，所以如何控制战车底盘就转化成如何控制四个麦克纳姆轮。麦克纳姆轮是瑞典麦克纳姆公司的专利，在它的轮缘上斜向分布着许多小棍子，故轮子可以横向滑动。小滚子的母线很特殊，当轮子绕着固定的轮心轴转动时，各个小滚子的包络线为圆柱面，所以该轮能够连续地向前滚动。麦克纳姆轮结构紧凑，运动灵活，是很成功的一种全方位轮。有4个这种新型轮子进行组合，可以更灵活方便的实现全方位移动功能。此项技术已经很成熟，相关文献也很多，我就不在这班门弄斧。



四轮运动简图



$$\frac{-1}{r} \begin{bmatrix} \frac{\cos(\theta_1 - \alpha_1)}{\sin \alpha_1} & \frac{\sin(\theta_1 - \alpha_1)}{\sin \alpha_1} & \frac{l_1 \sin(\theta_1 - \alpha_1 - \beta_1)}{\sin \alpha_1} \\ \frac{\cos(\theta_2 - \alpha_2)}{\sin \alpha_2} & \frac{\sin(\theta_2 - \alpha_2)}{\sin \alpha_2} & \frac{l_2 \sin(\theta_2 - \alpha_2 - \beta_2)}{\sin \alpha_2} \\ \frac{\cos(\theta_3 - \alpha_3)}{\sin \alpha_3} & \frac{\sin(\theta_3 - \alpha_3)}{\sin \alpha_3} & \frac{l_3 \sin(\theta_3 - \alpha_3 - \beta_3)}{\sin \alpha_3} \\ \frac{\cos(\theta_4 - \alpha_4)}{\sin \alpha_4} & \frac{\sin(\theta_4 - \alpha_4)}{\sin \alpha_4} & \frac{l_4 \sin(\theta_4 - \alpha_4 - \beta_4)}{\sin \alpha_4} \end{bmatrix}$$

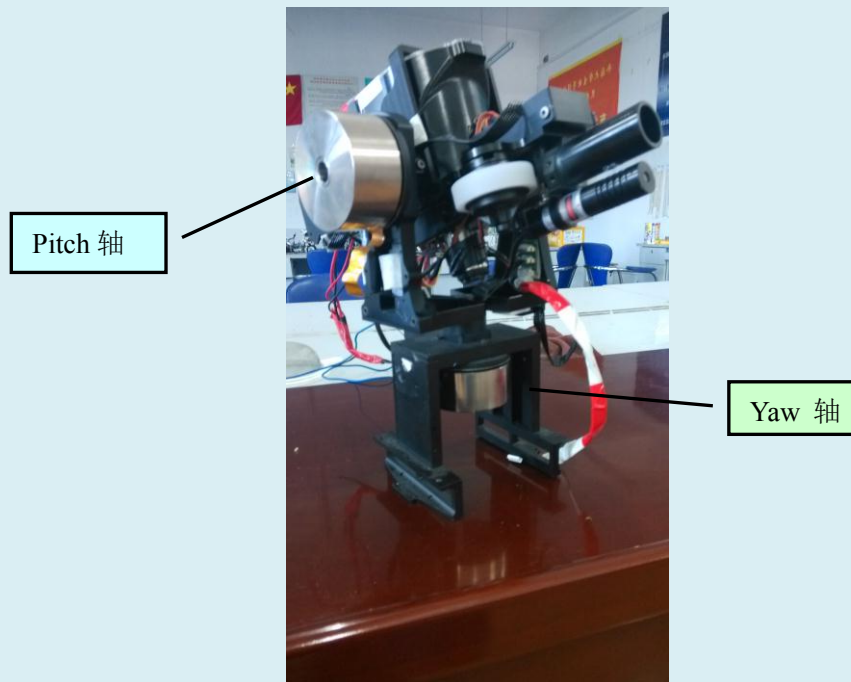
运动学雅克比矩阵

对遥控解析，然后去实现控制底盘，这个功能是一个基础，往往大家都容易做到。但是我要强调一些点：

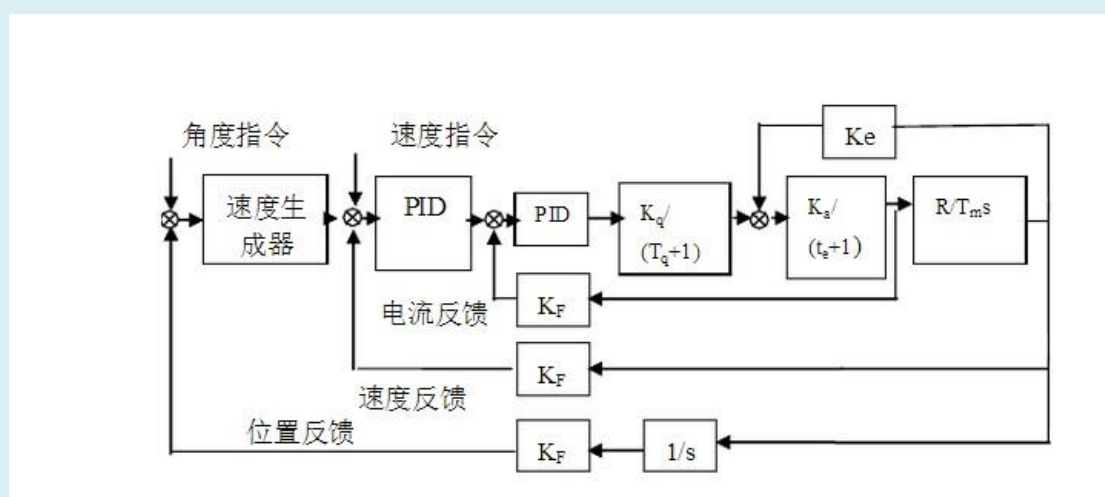
- (1)操作手要经常练习操作，不断的寻找适合自己的鼠标灵敏度，遥感灵敏度；
- (2)车底盘的速度应该限幅，不然出现轮子打滑空转现象，但是又不能过于保守，影响了机动性，推荐调成临界状态再高一点的速度上限；
- (3)最好有一个速度平滑输出，防止突然起步和突然刹车时候惯性过大导致的车的稳定性降低，严重影响弹道轨迹。

2.3 射手的云台控制

射击云台共有两个轴—Yaw 轴和 Pitch 轴。Yaw 轴是旋转轴，Pitch 轴是俯仰轴，分别由两个电机提供驱动力。



云台控住主要采用双环控制系统，系统框图如下：



内环为速度环，外环为位置环，速度反馈是采用 MPU6050 X 轴的陀螺仪得到当前变化速度，位置反馈采用编码器的微分得到角度位置。代码上层如下：

```
position_201_output = Position_Control_201(this_201_angle, target_pitch_angle);  
velocity_201_output  
    = Velocity_Control_201(MPU6050_Real_Data.Gyro_X, position_201_output);  
position_203_output = Position_Control_203(this_203_angle, target_yaw_angle);  
velocity_203_output  
    = Velocity_Control_203(-MPU6050_Real_Data.Gyro_Z, position_203_output);
```

注意事项：

(1) 调试时先调试位置环，再调试速度环 PID，上位机观察跟踪效果，使调试更方便并且更科学准确；

(2) Pitch 轴，Yaw 轴不能调的太软，车子高速行驶时候会出现抖动现象，影响射击弹道；又不能过硬，导致电机响应频繁，容易发热；

(3) 推荐将 Yaw 轴锁死，能够大大增强系统结构的稳定性，避免比赛过程中因为碰撞导致 Yaw 轴过电流保护而失去作用，同时能够带来很多很多性能上的优点；

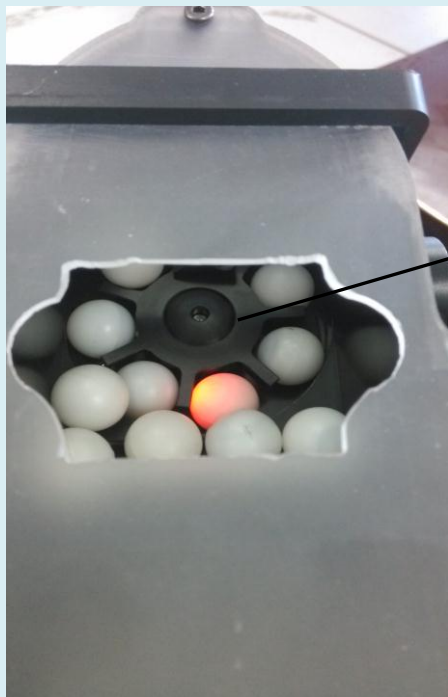
2.4 射手的发弹机构

发弹机构主要是两部分，一部分是射单，一部分是送弹。射弹主要由两个高速旋转的摩擦轮，通过高速旋转的惯性，将子弹快速的挤压出去，从而达到射弹目的；送弹部分由一个电机带动拨轮，收到一次控制信号，电机通过闭环控制旋转一颗子弹角度，从而保证精准的送弹控制。



双摩擦轮

发弹机构



送弹旋转拨轮

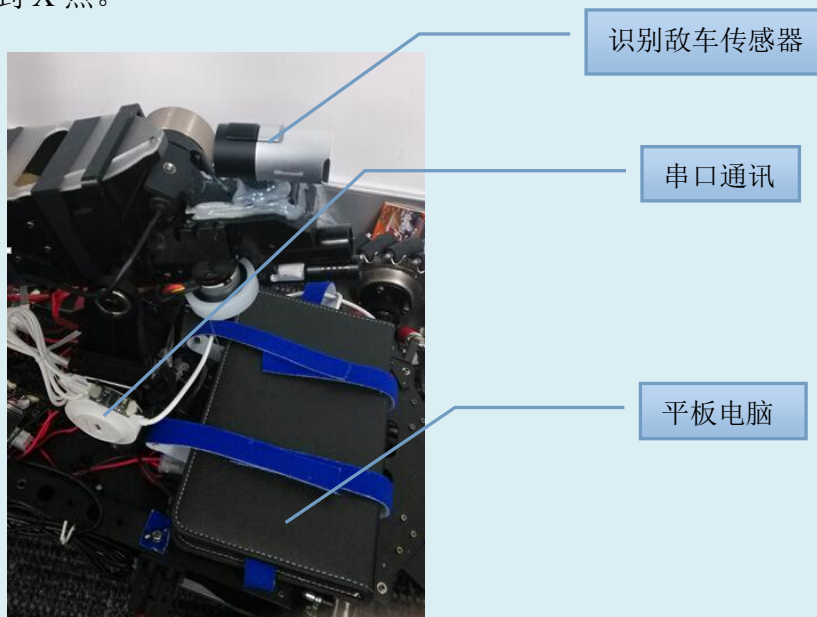
送弹机构

2.5 自动辅助瞄准系统

在这种高速竞技对抗赛中，如何能快速的找到敌人战车，并且将其消灭显得尤为重要。恰恰有时候与敌人对视时候打不中对方战车，导致子弹的浪费。所以产生自动瞄准的想法。

1. 自动瞄准系统的组成结构及其控制相对来说比较简单：

- (1) 由枪口处的摄像头作为识别敌方战车传感器；
- (2) 采用平板电脑配置 vs+opencv 环境运行视觉算法程序；
- (3) 视觉算法采用颜色识别和轮廓提取外加自主学习算法提取敌方车辆信息；
- (4) 平板采用串口通讯，将提取的敌方位置坐标(X,Y)值发送给下位机；
- (5) 下位机接收坐标值，采用 PID 闭环控制，使 Pitch 轴锁定到 Y 点，Yaw 轴锁定到 X 点。



2. 辅助瞄准的优缺点：

优点：

- (1) 面对面时候，能快速锁定敌方车辆；
- (2) 远距离，大大的提高了命中率；
- (3) 在偶尔图传失联情况下，能自动瞄准，提供了有效的保障。

缺点：

- (1) 使车的复杂性提高，赛前准备工作量加大，容易出错；
- (2) 加上电脑或者平板后，增加了车的负载，机动性变差；
- (3) 与电脑相比。平板的代码运行效率很低，控制周期大大膨胀，是电脑的 2 倍。目前是 60ms 的控制周期，现象为无论怎么调节 pid 参数，都出现卡顿现象。

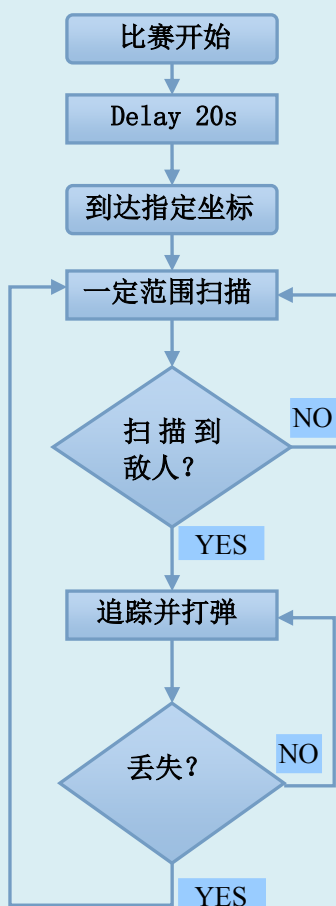
虽然说自动辅助瞄准会给整个战车复杂度提高，负载量提高，但是它带来的效果不可忽视，能够快速扫描对方车辆是取胜的关键之一。

第三章 机器炮手整体方案设计

炮台在本比赛过程中作用并不是很明显，主要是因为它的准确度很低，射程又不能直接攻打基地，所以它只能作为防守使用。但是他的威力还是很乐观的，所以我们把它做成一种自动追踪敌方车辆的一种功能，而且这种方式也是夏令营里面一种主流方式，效果很客观。

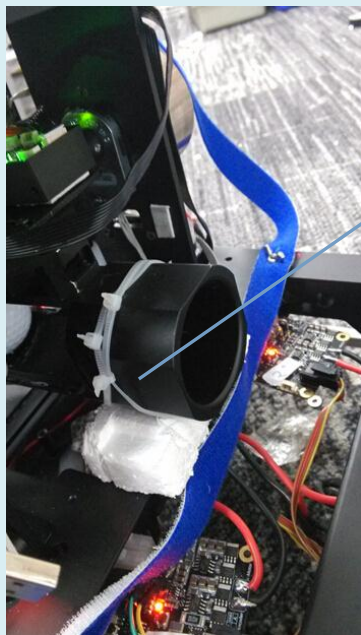
（注：由于视觉提取和射手的自动瞄准系统相近，底盘控制完全相同，所以这里不再列举，仅仅拿出设计思路和几点改进）

设计思路如下：



3.1 机械部分

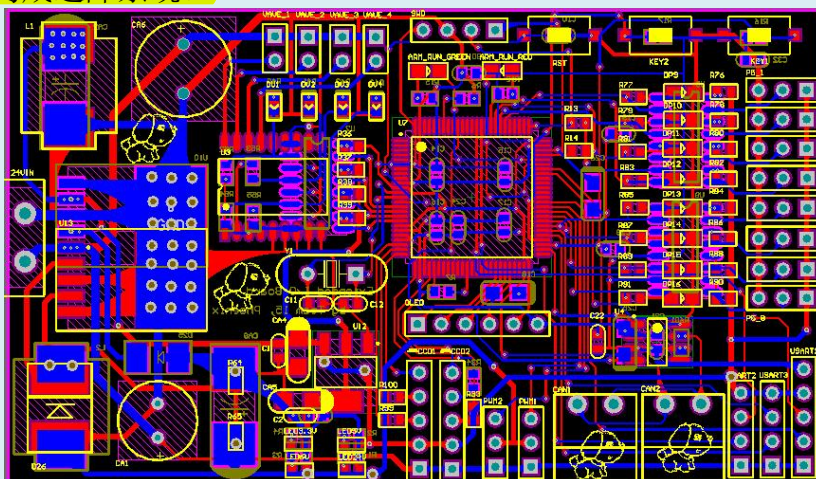
机械部分底盘和射手的底盘一样，就没有什么好说的了。这里说明一点，就是炮手之所以打的不准，主要由于弹道不一致性，导致其不一致性的关键点就是炮口的 Pitch 轴锁不死。所以我们做了如下改进：



采用扎带直接将 pitch 轴锁死，保证了出弹角度一致性，大大提高了准确度。

3.2 硬件部分

由于采用的是追踪敌方车辆的策略，所以避障成为关键，因此我们设计一块最小系统板，预留 can 串口，i/o，液晶等等接口。并且采用三个不同方向的超声波构成避障系统。



避障系统，全场定位系统的 pcb 设计



超声波避障系统



炮台整体视图

第四章 装弹机构整体方案设计

比赛过程中子弹的多少，决定操作手的心态，如果有了子弹的补给，那么操作手就会打的很放开，所以供弹装置也是整个比赛的非常重要的环节。

我们采用放置在赛场的方案，因为可以减少车上的负重，同时又能为三辆车服务。减少了队员的工作量。

最初采用磁铁与干簧管配合使用，磁铁靠近干簧管，干簧管闭合导通，电机使能，下弹开始。但是在实际操作过程中，发现机械不一致性，三台射手车辆的底盘高度不统一，没有办法保证干簧管位置适合三辆战车。

改进为中间操作手遥控控制出弹。

不足之处：这种场内放置的装弹机构，不适应这种高速高节奏的对抗赛，因为每次没有子弹了，还有回到自己的基地指定位置加弹，不够灵活快捷。最好的方式是车辆上携带装弹机构。



第五章 总结与感受

首先感谢大疆创新科技有限公司为我们提供一个这么优质的研发环境，无论设备、研发经费还是技术培训都特别到位，还有住宿环境，让我自己也觉得自己土豪了一次，同时也要感谢大疆公司在夏令营期间无意间给我们灌输了一种概念，那就是创新的思想 and 追求极致的研发精神。

先谈谈我对整个比赛的认识，首先这个机器人对抗是一个技术含量比较高的一种比赛，大家能从中学到很多技术层面的东西，又能有很多的动手机会；同时又是一个非常有趣，非常有观赏性的一种竞技比赛，会给参与者和观众带来很多乐趣。如果发展到全国性比赛，想必会成为学生们眼里的“潮流”、“科技热”。

在大赛结束后，事后诸葛亮也许谁都会，针对比赛技术方面的东西就不想再多说，主要想说说从这个比赛的过程中学到了什么新概念，领悟到了什么新境界。

总结一下前三的共同特点，锁死 Yaw 轴，更改第一视角的摄像头位置，改进发弹机构为大摩擦轮（后面称为三改）。大自然有个规律是无法改变的，那就是优胜劣汰。我想这个规则在这个比赛里面同样适用。并不是说我们其他的组别就什么也没做，一无是处，主要是我们做的方向得到的效果并没有三改来的更有效。就比如自动辅助瞄准射击，是一个很好的想法与功能，但是还是没有直接增大子弹威力来的更直接。所以我想说，我们应该学会去发现这些点，抓住这些简单直接又非常有效的点往往能让结果更美好些。

那么为什么前三名能够做出这么些改变，而我们却几乎没有什么变动，首先像上文说到，他们抓住了正确的方向正确的点，而我们却安于现状，没有做出新花样新东西出来。简单一句话概括，安于现状，没有创新，注定被大环境所淘汰。

无论干什么自己一个人的力量往往是薄弱的，所以到哪里都要提到团队合作这一古老又不可或缺的话题。作为一个好的团队，讨论、意见上的分歧肯定是有，而且必须是有的，但是这些意见分歧、队员彼此间的讨论只应该出现在会议室，大家走出会议室应该要有一个统一的意见。几个人的一支队伍不管在整个项目的哪个阶段都应该有统一的领导、步调一致，这样团队才会有更大的凝聚力和战斗力。

作为团队的一员我们应该相信队友，切记不要自己单干，如果每个人都单干，这样人员就不能得到充分的利用，会导致部分人忙的要命，而有些人却不知道干嘛。一个主力队员太过于自信不仅会给队友带来压力，在自己的问题不能解决的时候更会给自己带来压力，所以我们应该形成一个相互学习、交流，大家畅所欲言的环境。同样从对手的身上可以学到自己不具备的素养、品质。就拿这次夏令营来说，大家抬头不见低头见，总会看到对手的好的一面，但是我们队却没有把人家的长处拿来弥补自己的短处，这一点或许也是我们组失败的原因之一。

最后我想说这绝对是一段一辈子都无法忘记的回忆，是一段丰富多彩的人

生阅历，一笔无比宝贵的人生财富。我们每一位队员都付出了很多，也都学到了很多，成长了很多。最后预祝 robomasters 这个机器人比赛能够越办越好，能带给大学生们带来更多乐趣，成为大学校园里一个热门的比赛，更希望能给大学生们带来更多成长的机会。

参考文献

- 【1】崔海涛.三轴转台私服系统模糊滑模控制研究[D].哈尔滨：哈尔滨工业大学,2010
- 【2】刘金琨. 智能控制. 电子工业出版社，2005
- 【3】阮毅，陈伯时.电力拖动自动控制系统.机械工业出版社，2013
- 【4】徐建军，闫丽梅. 计算机控制系统理论与应用. 机械工业出版社，2008.
- 【5】于微波，张德江. 计算机控制系统. 高等教育出版社，2011.
- 【6】李元春等.计算机控制系统（第二版）.高等教育出版社，2009.
- 【7】罗宇翔，俞恢春，李思雄. PCB板层布局与EMC. 安全与电磁兼容，2003.
- 【8】姜沫歧，林伟. Protel2004原理图与PCB设计实例. 机械工业出版社，2006.
- 【9】陈杰，黄鸿. 传感器与检测技术. 高等教育出版社，2002.
- 【10】何友，王国宏. 多传感器信息融合及应用. 电子工业出版社，2000.
- 【11】于志生. 汽车理论（第四版）. 机械工业出版社，2006.
- 【12】元增民.汽车车轮侧滑分析. 汽车研究与开发，1995.
- 【13】闫国荣,张海兵. 一种新型轮式全方位移动机构[J].哈尔滨工业大学学报,2001
- 【14】吕伟文. 全方位轮移动机构的结构设计[J].机械与电子,2006
- 【15】贾翔宇，季庆庸，丁芳. 前馈-改进PID算法在智能车控制上的应用. 计算机与信息术，