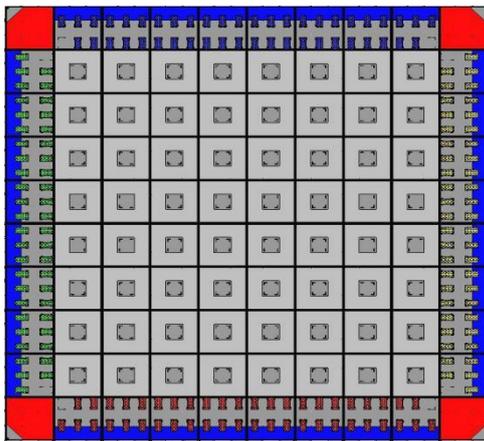
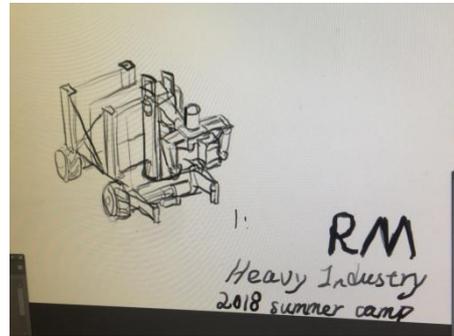


2018 年 RM 夏令营第三组技术报告

1、需求分析

机械部分

当我们比赛题目后，最需要确定的是机器的设计方向。我们最开始想的是带储蓄结构的单夹子机器通过云台电机的旋转带动整个升降的旋转从而放置物块（如下图）。但经过讨论后我们认为储蓄结构是不必要的，因为把物块从夹子转运至储蓄间耗费时间，而且储蓄间的设置无疑会加大车子的体积而随着赛场上物块的堆积，体积越大的车子越难操作，这必然会降低车子的灵活性。再者，储蓄间与夹子衔接不好的话很容易出现卡壳的问题。于是乎我们舍弃掉了储蓄间的设计但是与此同时必然会带来效率低的问题。综合各个同学的意见我们确定做一个双夹子的方案。车子一次夹两个这样不仅会缩小车子的体积还能提高运输的效率，于是乎我们便确定了比赛的一个大方向无储蓄间的双夹子车。由于在比赛中需要对物块进行运输夹子的



设计便成为比赛中机械最重要的部分。关于夹子夹物块的方向一开始我们是想横着夹的但是看过场上的物块放置方向我们认为竖着夹可以让车子直接从主战场上直接把夹子伸进资源区而车子不需要在资源区上放平车身，于是我们便改进了夹子的设计方向我们要竖着夹。把整车分为驱动，升降，夹子三个模块进行分组设计。而在细节的设计中我们采用的设计方针是“简单，高效，可行”，因此可以发现整机虽然结构简单但是稳定性却很好，很少出现大问题，同时简单的结构可以降低后期维修的难度便于适应高强度的比赛。

嵌入式部分

最初想法很简单，只要能让地盘和抓取机构顺利动起来就完成了。后来，经过讨论，有人提出了用距离传感器扫描环境的想法。但是，如果用超声波，那么放置高度很难控制（过高了可能难以稳定地检测到单层积木，过低了可能会受地面反射的干扰），于是超声波的方案不够稳。如果用红外线或激光，则探测角度过小。于是，我们决定坚持“简单，高效，可行”的方针，回到最初最简洁的方案。这样的大体定下来后，工作重心就转移到了细节上面。我先把工作分为地盘、升降、切换转动、夹子开合四大模块。加上限位开关状态读取和电流值发送后共有 6 个子函数。此外，GPIO, PWM, PID 的初始化个需要一个子函数。至此，整个程序的框架就完成了。其中 4 个子函数很快就完成了，重点就落在了 pid 参数和升降上。一是升降电机需要在时刻受力的情况下实现位置的稳定锁定。二是升降的限位，升降速度较快易导致停止不及时而损坏限位开关。针对这个问题，我打算参考 3d 打印机的方式：在碰到的瞬间快速往回退一段距离，以此减小可能的压力。在切换转动方面，我在原有的两个状态的基础上添加了中间状态，用于在快速运动的时候保证夹取的稳定性。总而言之，就是在简洁的大框架下注重细节。

算法部分

为了最大化在第一阶段的得分，就要将尽量多的路基块放置到场地上且连接城堡。为了

快速的得到所需放置的路基的位置图，就需要利用算法来达到这一目的。本来一开始是借鉴了 Free Flow 解法中的穷举法，后来仔细思考发现 48 格路基，每格 4 种颜色所能组成的情况远超正常情况下的计算量，于是准备改用搜索的方式来得到路径。在写出算法之后，还需要一套 UI 让输入变得更简洁。为了方便简洁地实现这一目标，我选择了使用 C++ 和 VB6 相结合完成这一目标。

2、所需技术点

机械部分

机械的话技术难点应该在如何实现两夹转换与夹子机构上。而两夹转换我们采用一个 3508 电机做一个转盘，一次转 90 或 180 度。也就是说我机器夹完第一个物块后将置于上层的夹子转下来再用第二个夹子夹第二个物块，当移动时两夹相对横放让出视野。

嵌入式部分

多处采用串级 pid 实现了升降、转动等多个运动机构的给定角度精准运动。
用自己写的 GPIO 实现了限位效果。

算法部分

C++ 的深度优先搜索算法与 VB6 的 UI 制作以及两者间的通信与显示

3、总体方案

在上文中提到我们组决定做一辆双头夹的车，在设计时我们把整车分为驱动，升降，夹子三个模块进行分组设计。而在细节的设计中我们采用的设计方针是“简单，高效，可行”，因此可以发现整机虽然结构简单但是稳定性却很好，很少出现大问题，同时简单的结构可以降低后期维修的难度便于适应高强度的比赛。而在机械与电控算法的协调上，我们的基本方针是：硬件尽快出机械，然后负责算法和电控的同学根据做出的机械结构做出相应的调整。

4、各模块方案

全员分工

冉益铭：队长、记录分配组内工作

梁文铎：底盘、升降的设计与全车安装，参与了一些细小零件的图纸绘制

缪徐：夹子、升降的设计与组装

黄炫宇：夹子、升降的设计与组装，参与了夹子的图纸及全车装配体的绘制

罗宇城：底盘、升降的设计与安装，参与底盘与升降以及全车装配体的图纸绘制

刘畅：夹子图纸的绘制，调整全车的控制系统，设计夹子

杨锶瀚：视觉算法的制作并辅助陈清源进行路线算法的工作，记录组内工作

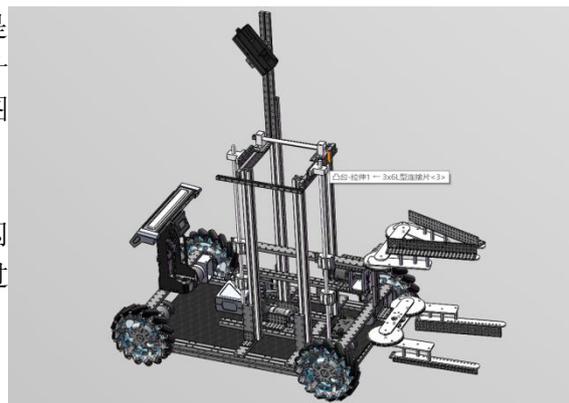
陈清源：各色堡垒间的全局最优路径计算，UI 的设计与制作

机械部分

在上文中我们提到过我们的设计方针是“简单，高效，可行”并采用了模块化的设计用以提高机器稳定性，降低维修难度。（右图是整车图纸，制图者罗宇城，黄炫宇）

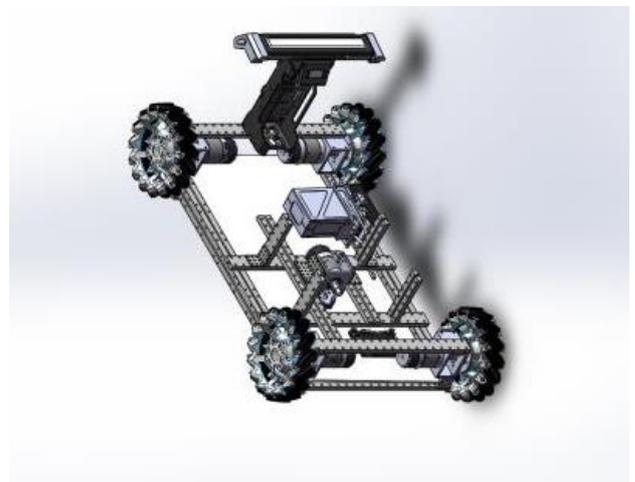
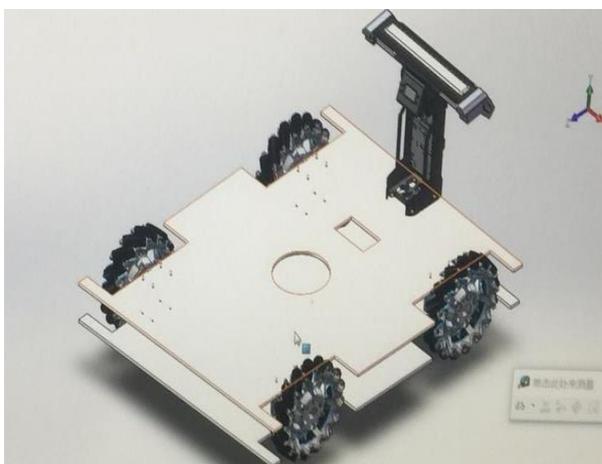
有关全车：

第一次听到这个比赛规则其实脑海里闪过很多想法，有种天马行空的感觉。但是经过



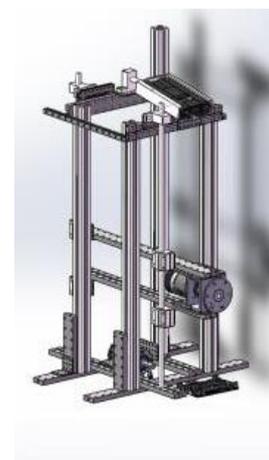
全体小组成员的讨论后我们决定舍弃了机器的储蓄结构，尽可能的用简单的结构完成任务，因为在短期内进行制作结构简单可以避免出现各种问题与此同时可以降低制作难度，一举两得。但是缺少了储蓄结构决定了运输量不足，那么我们为什么不采用双夹子的结构呢？双夹子结构不仅可以保证我的机器可以一次夹取两个物块更可以节省从储蓄间搬出物块的时间。于是我们决定全车采用了双夹子结构。

关于底盘：底盘一开始是采用双层板结构并在板子上安装升降架，但因为雕板子的时间较长组内不得不改变是底盘的设计方案。开始时，我们想采用纯铝型材车架但仍有组员持反对意见，认为只用铝型材会很大程度上提高电子元件的安装难度，于是我们征求了一下组内意见：先用铝型材做支架不拖比赛的进度，后期再加板子进行电子元件的安装。而原方案中双层板子的设计会带来重心过高的问题，为此操作手不得不在行驶中注意自己的车速，而在新方案中我们大幅度降低了底盘的中心使车子的稳定性有所提升。而开始选择板子时我们想用碳板而又因碳板并不绝缘很容易导致主板的短路，因此我们最后决定使用玻纤板。（下图为新旧方案的对比图，右图为新方案）



关于升降：

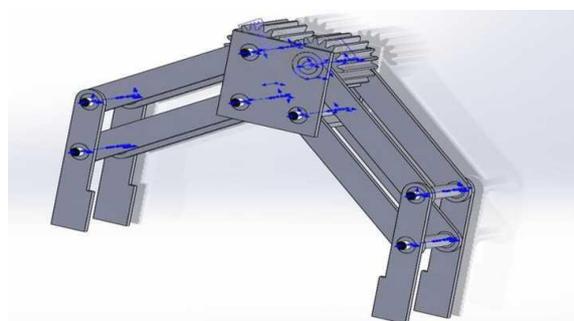
在升降设计初期我们采用的是链轮和链条的升降，但考虑到链条驱动的不稳定性以及噪声，我们改动为 3mm 厚的皮带与同步轮进行传动。我们之所以不采用官配的 1mm 同步带是因为在热身赛中 1mm 同步带会经常断带，十分不稳定。相比之下 3mm 的同步带在满足传动的条件下有着足够的韧性在多次试验中并没有发生断带的情况。而在升降与底盘的链接处我们采用了四个铝型材作为支撑并安装两条光轴作为导轨，这样的设计既保证了机构的稳固程度又可以使升降架平稳的进行抬升。而有关升降的高度已开始采用的是 600mm 的高的升降结构，但实际测试中 600mm 的高度使车子的重心过高容易发生翻车的情况，因此后期我们将 600mm 的升降结构缩小了 450mm，（但我们在实际操作中还是保留了一根 600mm 立柱便于图传的安装）虽然这会减弱车子拆装城堡的能力但会极大的提高车子的稳定性。在能力与稳定性的选择中，我们组员认为稳定性更为重要。升降的电机采用的是 3508 电机（20mm 力臂，1:1 力矩的条件下 3508 大概可以拉起 10kg 的物件）。（右图为升降的图纸）可以看到在升降的前段装有 3508 电机用来作为双夹子的驱动。



关于夹子

夹子的制作可以说是全车的关键，而我们组的夹子经过了三代的改进。

第一代夹子（右图）

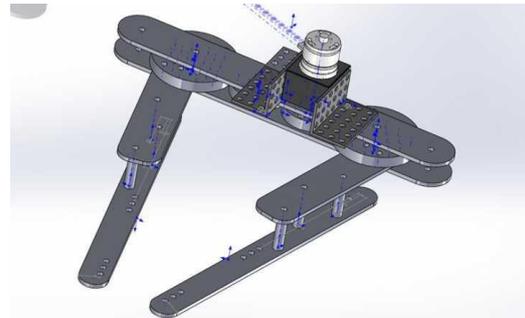


第一代夹子的设计是比较笨重的，约占全车质量的百分之七十五，采用的是传统的平行四边形夹子，并用舵机驱动。在热身赛中这个夹子暴露出很多缺点：1、设计结构过于笨重使整车的速度下降。2、不能很好的夹取方块，以致于不能达

到夹两个直接运输的目标。3、夹子虽然做的很大但夹取时，利用到的部分却很少出现了类似资源浪费的情况。4、夹子本身的强度不够在两场比赛后便出现了断夹的情况。5、该夹子只能夹横放的物块导致车子要一直铲着资源区获取资源，效率极低。

第二代夹子（右图）

针对上述问题，组员很快设计出了新的夹子，这款夹子继承了我们双头夹的一个基本思路，马达采用的是 2006 电机而不是原来的舵机因此夹取的力量得到了很好的提升，为了进一步提升夹子的夹取能力我们在夹取部分加了硅胶和橡胶进一步提升夹子表面的摩擦系数。与旧夹子相比，新夹子的夹取部分不再采用 abs 塑料而是采用碳板加铝型材的方案避免出现断夹子的情况。而针对重量过重的问题以及利用率不高的问题新夹子抛弃了旧夹子的双板夹头方案使夹子质量与体积减少了一半提高了全车的机动性。



第三代夹子

第二代夹子十分好的解决了夹取不了的问题但是从稳定性而言还存在着缺陷，因此我们设计了第三代夹子。相比第二代第三代的结构基本不变但加大了齿轮比使夹子可以输出更大的力并延续第二种夹子的延展片结构：用硅胶增大摩擦系数，与此同时夹子后补的橡筋可以起到补偿力的作用。

嵌入部分

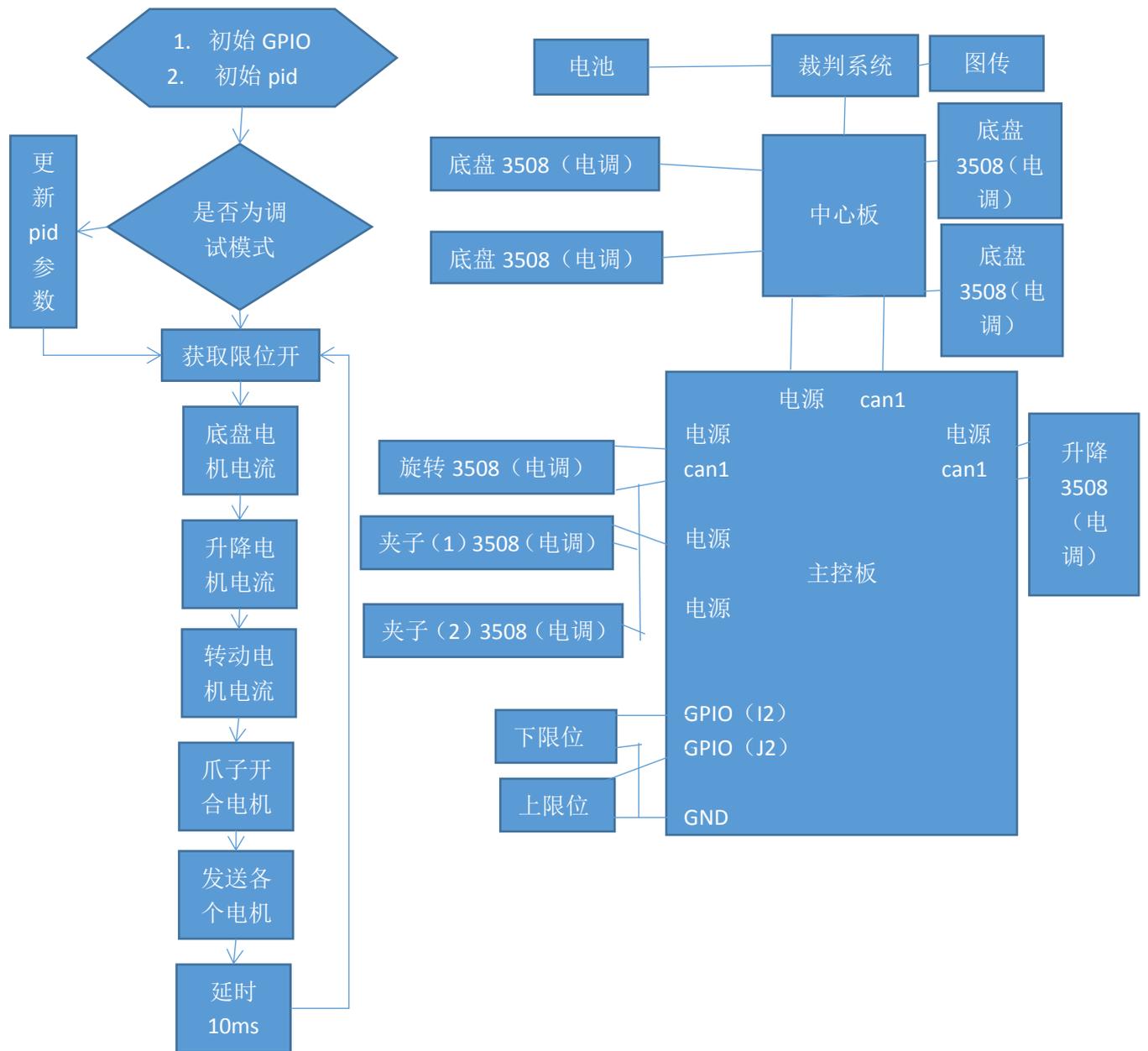
1.底盘的 pid 中 p 参数较大，以配合较重的机体。此外还实现了键鼠和遥控器一起操控。

2.升降采用串级 pid，两个 p 给得都较大，以提供足够的力量。其中还添加了限位，限位是利用 GPIO 实现的。限位开关接在 GPIO 口和 GND 之间。但是提供的 GPIO 是浮空输入的，开关难以复位，所以我把它改为了上拉输入。开关检测到接触后会令滑台快速回退一小段距离，以免撞坏限位开关。

3.由于我们的设计是有两个夹子的，所以需有一个转动机构实现它们的切换。一开始，它只有 0 和 180 两个状态，后来又加入了 90 的模式以便在快速运动的时候能稳定夹住积木。开始，我用遥控器的 sw2 的三个状态控制 0 或 90 或 180，另外键盘的 E 用于按 0、90、180、90、0 的顺序切换状态，因此两个无法直接结合。后来，我先检测 sw2 值是否有变化，若有，再按当前值切换 0、90、180。这样就不会和键鼠产生冲突。

4.夹子动力采用了 2006 电机（一开始用的是舵机，开始舵机会快速发热，换用更好的舵机后舵盘又跟不上，滑了，因此换用电机作为动力），用串级 pid 实现了电机按给定角度转动。开始只觉得 2006 扭矩足够，却没有料到电调有过流保护。在添加电流限制后发现扭矩不足以确保积木不掉落。最终该问题是通过机械结构的调整解决的。

5.发送各个电机的电流的地址是如下分配的，201、202、203、204 分别给右上、左上、左下、右下四个地盘电机，205，208 为两个夹取电机，206 为升降电机，207 为切换转动电机。



算法部分

在 C++ 部分我采用了深度优先搜索算法，按照不同路径先后排序整合到一棵树中进行深度优先搜索来简化代码。让程序在搜不到合适了路径以后就回溯到上一节点的另外一个方向进行深搜。

在 VB 的 UI 部分，由于要最大化的减小 UI 的制作周期，我使用 TXT 文本文件进行数据的传递，用 Shell 命令调用算法读取该 TXT 文件并将输出写入到另一文件中，VBUI 再读取输出的 TXT 画出路径。按钮部分使用自制的小位图来标记堡垒的位置，与路基作区分。

5、理论分析

机械部分

关于整车的马达选取：驱动系统采用的是传统的 3508 电机和麦克纳姆轮的四驱系统，两轮间距离约为 350mm 较大的轮据可以保证车子不翻。升降方面考虑到升降架和两个夹子的重量我们采用的 3508 电机进行传动。升降架前的转盘（用于进行上下夹子的转化）仍旧采用 3508 的驱动。而夹子部分我们一开始采用的是 20kg 舵机的驱动但是因为舵机不带减速箱所以并不能输出很大的力因此在热身赛后我们舍弃了 20kg 舵机的驱动转为用 2006 电机进行驱动。升降的电机采用的是 3508 电机（20mm 力臂，1:1 力矩的条件下 3508 大概可以拉起 10kg 的物件）。

以下是我们机器的一些数据：

轮距 370mm

轴距 465mm

底盘高度 22mm

整车最大高度 876mm

升降行程 210mm

整车最大长度 920mm

全车质量 10.5kg

重心高度 157mm

垂直升降结构支撑柱横截面 138mm*166mm

皮带轮距离 423mm

机械夹转动圆心距 134mm

第三代机械夹齿轮比 23: 80

嵌入式部分

Pid:

底盘: 10000,1000,8.0f,0.1,0

升降:

X_to_v:5000,1000,7.0f,0,0

V_to_l:10000,100,10.0f,0,0

转动:

X_to_v:1000,1000,3.0f,0,10

V_to_l:10000,1000,5.0f,0,0

夹子:

X_to_v:1000,1000,6.0f,0,0

V_to_l:4000,1000,8.0f,0,0

底盘速度:

rc.chx*9

主程序循环延时:

10ms

算法部分

主要思路是深搜+递归，将每一个点的四周四个点作为下一个访问点，在 for 循环内调用下一层函数防止重复的搜索，在所有路径搜索完且所有路基点都被放满时 return 且将当前点颜色写入完成后的地图。最后将整张完成后的地图输出。

6、问题与解决方法

机械部分

- 1、底盘因打板而拖慢进度。解决方法：更换底盘设计，先用铝型材做框架再加板子。
- 2、热身赛中夹子效率低质量与体积都过大。解决方法：重新进行夹子设计。

嵌入式部分

- 1、遥控器和键鼠难以同时实现。解决方法：检测遥控器的变化而不是状态。

算法部分

在整合 VBUI 与算法时出现了算法无法读写文件的问题，后经检查是 Shell 命令的调用问题。故采用曲线救国的方案，即先写一个 Bat 批处理文件运行算法的可执行文件，再用 Shell 调用 Bat 完成 UI 工作流程。

7、结果与评价

在最后的比赛中我们联盟取得了第一名的成绩，这与每个人的努力是分不开的。但是虽然我们获得了比赛的胜利，还有一个点做的不好。在第一轮比赛中硬件与软件协调的不够好导致开始时指挥员有些混乱，为此我们在赛后的协调中软硬件进行了充分的沟通，让后面的比赛可以顺利进行。在比赛期间，组员互相协助，有序的进行机器的调试与维修工作这是十分让我们高兴的。

在比赛中机器达到了预期的想法，一次运两个物块很好地提升了机器的运输效率，再配合联盟队友的操作，我们拿到比赛的第一名。

8、感想与感悟

罗宇城：

我认为这次夏令营给了我一个很好的技术提升平台，和其他志同道合的同学一起为了同一个目标与任务不断奋斗，解决问题是一件很快乐的事情。再者，与更优秀的人在一起我可以不断地学习，在他们身上学到的不仅仅是技术，更是不断进取的精神。感谢这一次的相遇，让我们能互相提高记忆，希望我们可以在日后不断地学习，走出一条属于自己的工程师梦。

缪徐：

一个开放而自由的平台，让我学习了很多，ROBOMASTER 让我开拓了视野，完善了思维。在导师、助教、以及各位同学的帮助下，提升了我学习的韧性，也在这一学习过程中更好的发现了自己的不足。我认为，无论对机器人的热爱是以后工作学习方向的开端，还是自己的一种爱好，这都将更好的、全方面的提升自己，同时也可以给自己以激励，从而对以后的道路起到一个更好的导向、助推的作用。同样，在实践与学习的过程中，也更好的学习了如何去体系化你的目标，增强了团队合作、组间交流、自我分析、独立思考的能力，并且使你学习的主动性，对未知的探求欲大大增强，这将对未来起到深远而积极的作用。常说，物以类聚，人以群分，与优秀的人在一起学习、探讨，只会使你往更好的方向发展。感谢大疆、感谢各位辛苦的工作人员，感谢日夜辛勤工作的同学们！

冉益鸣：

这次夏令营是我感触最深刻的一段经历，我可以在这个喜欢的环境里，肆意的学习喜欢的东西，我深知自己缺的是一个徜徉在科技里的环境，而这夏令营就是这样一个环境。我在这样一个环境里可以清晰地认识到自己的不足，与同龄人对比知道我该在哪方面努力。学习

是无止境的，我在 sw 方面、加工方面，都找到了自己的榜样。以他们为学习的目标。我很贪玩，但我在逐渐改变。分配自己的时间，完成自己的任务，这是我最大的收获。我会铭记这次夏令营给我带来的所有。

梁文铎：

这次夏令营我学到了很多，从不会用 solidworks 到用 sw 把所有 RM 零件画了一遍，从不敢用角磨机到能把各种零件加工到完美的状态。更重要的是我认识到了很多来自全国各地的志同道合的小伙伴，这并不只局限在我们小组，在和他们的交流中，我不仅收获了友谊同时还开阔了视野。在本次夏令营中我是机械方向，负责零件的画图和零件加工，同时我也是我们机器人的操控手。在加工的过程中，我遇到了一些难题，我发现 3508 的法兰盘和组委会提供的圆盘螺丝孔是不对应的，为了固定我尝试过各种方法，比如用其他对应的零件组装，不过装不稳，最后才用了比较稳妥的方法直接打孔强行固定。我最大的感悟是，我操控的稳定离不开我们小组成员的共同努力，我们的嵌入刘畅把车子调得很符合我手感，同时我们的机械也很给力，提供快速的维修和后勤保障，当然这车子也有我的努力，我对它的熟悉也造就了我们的成功。一个联盟的成功同时也离不开我们两个组的紧密交流与合作，比赛前我和罗宇城共同去 9 组帮忙和提供意见，比赛时我们也和 9 组紧密交流。我们的成功离不开我们每一个人的努力，我们每一个都是英雄，缺一不可。

黄炫宇：

这个夏令营中，我负责的是机械方面的工作，在和队友的合作中，我懂得了很多东西。比如说在经过三次迭代的机械夹中，我知道了一个机械结构的改进并不能一蹴而就的，而是要经过一次次的反思、改进。而在全车的设计制作中，常常会产生一些分歧，所以我们机械组的分工十分明确，把车子的三个部分分开给不同的人做，最后再做整合，确实提高了效率。在整个过程中，我们砍掉了很复杂，故障率高的设计，最终做出了这一个坚固又稳定的车。从中我也懂得了，做事不能满脑子骚操作，要脚踏实地，老老实实地把东西做好。

杨锶瀚：

在夏令营，我前期负责的是视觉。刚入营的我满脑子骚想法，甚至想要用视觉加妙算进行视觉辅助夹取，最后选择了较为现实的地图识别，但是最终的识别速度还是不尽人意，由于进度问题专职帮助负责算法的同学进行算法的开发。这次夏令营让我明白一个项目的开发需要综合用户需求和实际进度，要认识到自己的实际能力有计划性，有条不紊的进行开发。夏令营给我一个我梦寐以求的开发环境，让我明白一个好的团队需要意见统一和团队分工，更需要互相倾听和谅解。在二十天的实践和学习中，我更加坚定了我自己的目标，也将更努力的为了梦想而奋斗。未来无所不能！

陈清源：

我大部分时间在研究桌面开发，这个夏令营让我知道了软硬件结合的重要性。也为我拓展了很多硬件层次的入门技术。最重要的是能有一个和谐良好的开发氛围。所以十分适合学习技术和团体技术交流。

刘畅：

团队合作的力量是巨大的，一个良好合作的团队能完成个人难以想象的项目。在团队中，不只有技术重要，个人之间的交流也十分重要。