



**ROBOMASTER 2022**

**超级对抗赛**

**赛季规划**



**同濟大學**  
TONGJI UNIVERSITY

**SUPERPOWER**



## 目录

<b>1. 团队文化</b> .....	<b>5</b>
1.1 对比赛文化及内容的认知及解读.....	5
1.1.1 参赛初衷.....	5
1.1.2 对 RM 文化的理解.....	6
1.2 队伍核心文化概述.....	7
1.3 队伍共同目标概述.....	8
1.4 队伍能力建设目标概述.....	8
<b>2. 项目分析</b> .....	<b>9</b>
2.1 规则解读.....	9
2.1.1 比赛机制调整.....	9
2.1.2 机器人调整.....	10
2.1.3 场地调整.....	10
2.2 研发项目规划.....	12
2.2.1 步兵机器人.....	12
2.2.2 哨兵机器人.....	24
2.2.3 英雄机器人.....	28
2.2.4 工程机器人.....	32
2.2.5 飞镖系统.....	36
2.2.6 雷达.....	39
2.2.7 人机交互系统.....	41
2.3 技术中台建设规划.....	43
2.3.1 机械部分.....	43
2.3.2 嵌入式部分.....	56
2.3.3 硬件部分.....	65
2.3.4 视觉部分.....	66
<b>3. 团队建设</b> .....	<b>70</b>
3.1 团队架构设计.....	70
3.2 团队组建计划.....	74
3.2.1 重分配老队员.....	74
3.2.2 招募新队员.....	74
3.3 团队培训计划.....	75
3.3.1 流程阐述.....	75
3.3.2 培训目标.....	76
3.3.3 培训计划.....	77

3.4 团队文化建设计划.....	77
<b>4. 基础建设.....</b>	<b>79</b>
4.1 可用资源分析.....	79
4.2 协作工具使用规划.....	82
4.2.1 原有协作工具.....	82
4.2.2 现行协作工具.....	82
4.3 研发管理工具使用规划.....	86
4.4 资料文献整理成果.....	88
4.5 财务管理.....	89
4.5.1 全赛季的预算分析.....	89
4.5.2 成本管理计划.....	90
4.5.3 财务管理流程.....	91
<b>5. 运营计划.....</b>	<b>92</b>
5.1 宣传计划.....	92
5.1.1 公众号运营.....	92
5.1.2 线下活动.....	92
5.1.3 比赛期间.....	92
5.2 商业计划.....	93
5.2.1 资源来源规划.....	93
5.2.2 招商计划.....	93
<b>6. 团队章程及制度.....</b>	<b>96</b>
6.1 团队性质及概述.....	96
6.2 团队制度.....	96
6.2.1 审核决策制度.....	96
6.2.2 值班制度.....	107
6.2.3 例会制度.....	107
6.2.4 人员管理制度.....	108
6.2.5 财务管理制度.....	108
6.2.6 档案资料管理制度.....	109
6.2.7 实验室管理制度.....	110

# 1. 团队文化

## 1.1 对比赛文化及内容的认知及解读

### 1.1.1 参赛初衷

全国大学生机器人大赛 RoboMaster 机甲大师赛（以下简称 RM）是国内首个射击对抗类机器人竞技比赛。这种比赛形式的竞技风格有利于发掘理论知识丰富且动手能力强的高级复合型人才，鼓励理工生做一个有“手艺”的技术宅，以先进科学教育培养未来优秀工程师。不仅如此，这种与竞技游戏类似的对抗赛重视团队合作和现场配合，有助于将大学生们从网络游戏中解放出来，通过机器人竞技这种实战操作模式实现个人竞技梦想，为青春赋予荣耀，让思考拥有力量：英雄、步兵、无人机等多兵种协同作战以及沉浸式设计体验，倡导参赛同学重视赛场配合，提升操作水平。

对于加入与自己所学专业相关组的成员，参加 RM 能够加深对所学专业的理解与认识，带来专业素养的提高与飞跃。摆脱教材与考试大纲的束缚，站在一个更高的位置应用专业知识，将设计、研发、成型、测试、迭代这一系列流程综合考虑，做出先进的智能机器人，而不是空谈理论，按论文评判。这是符合机器人所在的工业领域对人才的要求的。

除了本专业知识，参加 RM 的成员能够了解一些相关专业领域，甚至是管理方面的知识。同济大学 SuperPower 战队中很多老队员都有过更换岗位的经历，例如第一年在机械组，比赛过后对电控视觉相关知识产生兴趣，第二年换到其他组别；也有从技术到管理的人员变动。拥有多专业复合背景的队员不仅能对比赛提供更多见解，在比赛之外，也是更有发展潜力的专业人才。我们希望通过参加 RM，成长为懂得多领域专业知识且具有管理能力的复合型人才。

在 RM 比赛中，队员们的个人能力会得到提高。一方面，对不熟悉领域的探索需要极大的学习热情与能力，通过比赛的锻炼，队员们能够对新事物有更高的接受度。另一方面，比赛中的个人需要与其他成员进行沟通，要将自己的想法表达出来，才能够更好的实现团队合作。精通技术又有很好的语言表达力，使工科学生在日后的工作中也更具有竞争力。

除了以上比赛收获外，RM 比赛技术性高、观赏性好、竞技性强三个特质，也深深吸引着

我们。

技术方面，RM 要求参赛选手以参赛队伍为单位独立研发多兵种的实体机器人，这一点是目前许多机器人比赛所没有要求的。应当注意，RM 比赛已发展多年，各个兵种都独具特色，

灵活迅猛的步兵，精准稳定的英雄，自动化程度极高的哨兵及自动步兵，复杂精巧的工程，各个兵种不仅交叉覆盖了机器人领域中繁多的技术方向，还间接催生了很多细分的技术。而这些技术将在一场比赛中集中展现。其次，为强化机器人稳定性需要精密的机械设计；为实现自动目标识别跟踪需要特定的机器视觉技术；以至相应设计的软件系统控制算法和实时通信人机智能交互的裁判系统，更是体现了多元化、创新化的独特技术要求。此外，RM 在各个学科技术之间的融合不但要求团队具有丰富的机械知识与实践经验，优秀的机电控制、算法设计和编程能力也不可或缺。

竞技性方面，RM 是一场全球范围内的大学高校之间的对抗，每年都有来自海内外的各大高校同台竞技。这既增加了比赛的看点，也使参赛者的水平间接的被提高，减少了参赛队伍水平良莠不齐的情况。这不仅提高了 RM 赛事本身技术要求，也在促进了高校间的技术交流，实现共同进步。

观赏性方面，专业的导演舞美团队、极富科技感的比赛场地、讲解精彩的电竞解说，先进设备在线直播，大大提高了比赛的观赏性和知名度。

### 1.1.2 对 RM 文化的理解

我们所理解的“RM 文化”是“开源文化”和“极客精神”。

所谓开源文化，就是将自身技术进行无条件共享，以供他人学习和二次开发，同样的我们也能学习他人的开源资料，以实现自我技术提升。开源生态能够加强工程师之间的技术交流，促进技术的快速进步。而 RM 也确实做到了这一点，Robomaster 论坛上有非常多的开源帖，涵盖机械、电控、视觉、硬件甚至运营和宣传等各个领域，组委会在赛季结束后也会设置开源奖，用高额的奖金鼓励大家高质量开源。而在本赛季初，组委会更是很贴心的整理出几乎所有开源资料的链接文档，帮助大家更便捷的找到所需开源资料。

而“极客精神”则是工程师对于技术的卓越追求。一名优秀的工程师要始终保持潜心钻研的精神，要不安于现状，永远追求技术的突破和革新。对于极限永远保持一颗躁动的心，去追求永无止境的最优解，去超越一切可能，不要忍受任何苟且的设计。RM 始终贯彻这种“极客精神”，比赛规则一年一小改两年一大改，督促着参赛队伍进行技术革新、研发新的技术。激烈残酷的赛制和竞争也促使着队伍努力突破自我极限，以追求性能的顶尖。正如哈工大队训所言：“极限尤可突破，至臻亦不可止”，这就是对极客精神最好的诠释。

## 1.2 队伍核心文化概述

在 RoboMaster 全国大学生机器人大赛中，本战队秉持“不断创新，稳步前进”的发展思路，在前期比赛成绩的基础上逐步踏上新台阶，以进军全国赛为阶段性目标，以全国 8 强为最终目标。我们也希望能够在学校范围内将本队建设成技术最为复合、最为前沿的学生机器人团体，为我校对机器人感兴趣的同学们提供一个学习和交流的平台，从 Robomaster 全国大学生机器人大赛，走向未来更专业领域的突破。

如果说 RM 比赛是一个竞争角逐互相厮杀的战场，我们的队伍则像一支装甲部队。凭借队伍强大的凝聚力，多年积累的研发技术和参赛经验，逐渐形成了如矛头一般凌厉的进攻风格以及层层迟滞的防守风格，展现了自身队伍的高执行力和高组织度，成为同济大学在高校机器人竞技场上的一张闪亮名片。

我们希望各位成员都能够坚持“严谨细致、登峰造极、团结一致、坚如磐石”的原则和理念。作为一支于理工科学学校中诞生的队伍，我们首先要求的就是严谨细致的工作态度，细节即是成败，技术上的细节缺陷必须消除。其次，我们认为对于一名青年工程师来说，始终应有登峰造极的精神，保持对于更强更高效技术的狂热，以至于可以不舍昼夜地沉浸其中。除此之外，成员也要注重团队协作能力。以比赛为契机，实现自身的突破和发展，也收获志同道合的伙伴。在未来至少一个赛季的相处过程中，我们一起学习一起战斗，不轻易退缩；我们互相磨合互相鼓舞；我们挥洒汗水挥舞青春，在付出与努力中收获喜悦与感动。队友就是我们在赛场上最坚实的依靠。最后，由于队伍经历了经济困难、断代、重建等诸多磨难，作为在断代阵痛中成长的队员，我们绝对不会屈服于现实的困难，必定要坚韧地克服他们，就如我们再次重建自己的队伍一样，技术上的困难、管理上的困难、资金上的困难都不再能抵挡我们前进的脚步，坚韧就是我们这支队伍的基石。在战队内部，受同济大学校训和队伍经历的影响，SuperPower 战队在建设过程中逐渐形成一种“严谨、团结、创新、坚毅”的团队文化。

我们的口号是：“Winnerwinner, SuperPower!” 我们赛场相见!



## 1.3 队伍共同目标概述

基于前几个赛季的经验，本赛季 SuperPower 战队期望在保底进入全国赛的基础上，突破往年记录，争取全国赛八强的成绩。为达成这个目标，团队正为之付出不懈的努力。无论是管理制度方面的层层优化，还是技术方面的不断改进，我们都正向着目标坚定不移地进步着。在团队建设方面，同济大学 SuperPower 机器人战队根据战队实际情况在 2022 赛季取消梯队队员制度，实行基于项目组的管理模式。每一个项目组都由老队员带领，根据项目层级分别向技术组长和队长负责。项目组的具体名单由各技术组长和项目组长根据队员个人能力和性格的不同敲定。项目组在完成任务、编写完文档后就会解散，并参与到下一轮的人员调度和组织中去。这种基于小而精团队的制度可以更有效地提高工作效率、动态地调整各种资源。按照预期计划，在一年的备赛期内，每一名队员都必须在至少两个项目组内工作。

## 1.4 队伍能力建设目标概述

作为一支始终坚持参加超级对抗赛的队伍，我们首先要建设完整健全的机器人研发、制造、测试体系，保证本队具有从零开发一款机器人的能力。此外，我们决定要在保持综合能力的前提下，着重发展一至两个细分技术，并逐渐使之成为队伍的特色技术。虽然同济大学在机器人相关技术上并没有专业优势，但我们的队员分布极广，来自多个学院，这使我们的队伍具有多学科技术复合的能力，因此我们希望本队能在机电一体化及机器人运动策略上有所发展。



## 2. 项目分析

### 2.1 规则解读

#### 2.1.1 比赛机制调整

##### 2.1.1.1 经济增长

大体上延续去年“自动增长+采矿”两种方式获取金币的机制，但小改了经济增长机制。经济体系直接与中期考核成绩挂钩，这也是 RM 首次将队伍平时进度作为直接关联项纳入场上比赛。这条改动的意图很明显，官方要求参赛队伍保持健康的研发进度。因此本赛季从管理上就应该建立更加紧凑、高效的项目管理制度，从技术上，应在赛季初就明确本赛季的技术重点、难点和希望突破的技术方向，以中期考察为中线，根据队伍情况确定机器人应实现哪些功能，又有哪些功能只能放在中期后实现，总体要求是做到基础功能覆盖，个别难点突破。

可以注意到另一处改动，即英雄机器人狙击点机制，本赛季英雄机器人占领己方狙击点后，其发射机构每检测到其发出 1 发 42mm 弹丸时，可获得 10 枚金币奖励。1 发 42mm 弹丸相当于 15 金币，因此规则改动后相当于英雄在狙击点 15 金币可以打 3 发 42mm 弹丸，此项改动增大了吊射的容错率，使得吊射的战术有更持续的输出，因此英雄技术组应注重提升弹道稳定性。同时应注意到，英雄狙击点也可以用于防守，在失去前哨站后，将与哨兵构成最后一道防线。

##### 2.1.1.2 飞镖发射机制

本赛季应注意到飞镖发射后效，若一方发射的飞镖在检测窗口期击中对方基地或前哨站，则对方所有操作手操作界面被遮挡 10 秒，若连续命中，则操作界面被遮挡时间叠加计算。这一项规则改动进一步提升了飞镖的战术地位，10 秒的黑屏时间足够推掉对方的前哨站及哨兵。应注意到，后效是操作界面被遮挡，因此有比较强大自瞄或者自动步兵技术的队伍完全可以针对此情况提前做好战术和技术上的准备。

##### 2.1.1.3 矿石掉落机制

与上赛季相比可以注意到，场地中央资源岛的矿石掉落机制有所改变，主要体现在第二次掉落时，1 号位与 5 号位的金矿石将同时掉落至槽中，5 秒后释放 3 号位矿石。此项机制的

改变意味着工程机器人较弱的队伍将有更多机会在第二轮矿石抢夺中获得矿石，但同时也对意欲取得所有矿石的工程机器人的取矿效率提出更高的要求。因此，在保证工程机器人取矿稳定性的同时，提高取矿速度将是本赛季工程机器人技术的一大重点。

## 2.1.2 机器人调整

### 2.1.2.1 平衡步兵

平衡步兵的装甲板安装要求被放宽，整车裁判系统、动力布置、轮腿机构设计可以更为合理。

### 2.1.2.2 工程机器人

变形尺寸被放宽，降低了伸出机构和抬升机构这两个关键机构设计时空间上的障碍。对兑换时间进行了要求，因此夹爪设计时必须考虑到兑换矿石的过程。

### 2.1.2.3 飞镖

飞镖的尺寸被放宽，翼展从 120mm 提升到 150mm，可能可以为飞镖提供更稳定的姿态。重量限制放宽到 220g，为制导和主动稳定系统提供了规则上的可能性。

### 2.1.2.4 哨兵机器人

哨兵机器人的最大尺寸从原先的长宽高 500\*600\*850 和 850\*500\*600 两个方案二选一改为尺寸不区分长宽高的 500\*600\*850，即除了原先的高为最大尺寸的瘦高型、沿着轨道方向为最大尺寸的长胖型，增加了垂直轨道面为最大尺寸的宽胖型，意味着存在新的模块布置方式。

## 2.1.3 场地调整

### 2.1.3.1 起伏路段

今年场地荒地区起伏路段面积大为增加，作战区域几乎全被起伏路段覆盖，对各兵种云台稳定性提出了更高要求，设计机器人时需要考虑更加可靠的悬挂隔振系统，或云台自稳技术。

### 2.1.3.2 资源岛增益点

资源岛两侧设置了单方增益点，工程机器人占领后增加 50%防御。配合工程机器人取矿时

两方其他机器人均不得干扰的机制，此项改动保证工程可以专注于取矿操作，进一步放开了工程机器人技术研发的空间。

### 2.1.3.3 能量机关激活点

本赛季在能量机关激活点增加了旋转起伏台，步兵机器人在击打大风车时车身姿态将更易受到影响，对机器人云台控制、视觉算法都提出了更高的要求。

### 2.1.3.4 前哨站

相较去年前哨站底部的固定装甲，今年前哨站底部装甲可旋转，不断移动的打击面使得英雄机器人躲在环形高地后站桩吊射前哨站的战术受到了很大限制，在增加英雄在狙击点吊射的战术价值的同时，也使得攻击前哨站有了更多的变数与战术。

### 2.1.3.5 英雄狙击点

今年的规则中将英雄狙击点位置从一方的能量机关激活点调整至无人机停机坪旁的高地处。对英雄机器人吊射而言，由于吊射路径上没有大风车的遮挡，视野更开阔，英雄机器人狙击的战术作用被进一步增强。

## 2.2 研发项目规划

### 2.2.1 步兵机器人

#### 2.2.1.1 普通步兵

##### 1. 功能与需求

2022 赛季中普通步兵的规则相较于 2021 赛季的变化不大。就目前来看，步兵的功能定位依旧是击毁敌方机器人和触发能量机关。要实现这两个功能，则要求步兵具有较优越的稳定性、机动性、爆发力及射击准确度。

##### 1) 稳定性

稳定性为每一辆机器人都需要达到的基本要求。赛场上的变数较多，常常会出现机器人机械结构损坏、模块离线、重要线路脱落、超功率等问题，进而对比赛局势产生不利影响。这就要求机器人在机械结构等方面具有较优越的稳定性。

要求步兵能在暴力测试（从 200mm 以上高度落下）、飞坡及下台阶后，机器人各结构在肉眼观察下不产生较大的变形，同时其循环寿命要求大于 100。

##### 2) 机动性

步兵的主要任务之一是击毁敌方机器人，这就要求步兵要有较高的灵活性以实现追击、躲避和逃跑等功能。同时，飞坡和上台阶等能够快速加入或离开战场，并获取增益 buff 的手段，也需要作为战术的一部分加以考虑。

为提高机动性，减轻整体重量为首要目标。要求步兵的总体质量（包含裁判系统）至少小于 20kg，并尽量减小至 17kg 以下。

##### 3) 爆发力

要成功的击毁敌方机器人，仅靠机器人的机动性往往不够。拥有高爆发力才能在短时间内击退乃至击毁敌方机器人，从而在赛场上取得优势。

要求步兵在以平射、仰射、俯射几种状态连发 50+ 颗弹丸过程中，轻微卡弹（能够通过回转摩擦轮解决）的概率减小至 5% 以下，且不发生卡死现象。在此过程中，发生超射速的概率减小至 5% 以下，且射速能够保持在预设值  $\pm 0.5$  范围内。要求机器人能够实现连发、短连发、单发。

#### 4) 射击准度

不论是击打敌方机器人，还是触发能量机关。都要求机器人有较高的射击准度。

要求步兵在 5m 距离外，以平射、仰射、俯射几种状态射击，弹道散布在 125\*135（即小装甲板尺寸）范围内，并根据具体测试不断提高要求，将弹道散布进一步集中。

### 2. 改进方向

#### 1) 供弹方式改进

21 赛季中研发的下供弹的技术已经相对成熟，但下供弹在结构上仍有不可避免的缺点：弹链过长，无法完全解决卡弹问题；弹仓安装在底盘，弹仓盖的驱动件难以选取，同时由于底盘过低，接弹存在困难等等。而上供弹的结构在弹丸射出后，pitch 轴重心发生改变。为避免上述几个问题，新赛季的步兵采用中供弹结构，将弹仓移至 yaw 轴上。缓解了卡弹、接弹等问题，对机器人的爆发力、射击准度和机动性都有所提高。

#### 2) 供弹链路改进

中供弹初代模型的弹链位于云台架内部，类似于官方步兵的结构。但考虑到加工、装配误差可能导致 pitch 轴与弹链转角轴承的同轴度偏差较大，在 pitch 轴运动时将导致弹链转角受较大的剪切力，进而发生破坏。因此，新赛季中供弹步兵的弹链设置于 pitch 轴外侧，pitch 轴轴承选用内径 25 外径 37 的法兰轴承，弹丸从其中通过。进而提高机器人的稳定性。

#### 3) 云台布置优化

中供弹云台相比于下供弹步兵，质量增加较多。为减小转动惯量，则需使云台质量分布集中于转轴。因此，中供弹步兵云台的整体设计中，在预留充足布线空间的前提下，将发射机构和弹仓集中分布，并将工控机的安装位置从云台架外移至内部。进而提高机器人的机动性。

#### 4) 采用弧形轴承限位

21 赛季对小弹丸进入摩擦轮前的限位采用微小行程开关进行限位，但效果不佳。在后续测试中，发现弧型轴承限位效果较好，故新赛季依旧沿用弧形轴承限位。进而提高机器人的设计准度。

#### 5) 枪管连接件采用车铣件

21 赛季考虑到成本问题，枪管连接件采用光固化打印，但由于光固化打印的公差较大，且表面粗糙度很大，对弹道影响较大，射击精度不佳。故新赛季决定采用车铣件作为枪管连接件，减小关键尺寸公差和表面粗糙度，进而提高机器人的射击准度。

## 6) 云台 PID 优化

对云台运动控制进行参数读取与建模分析，求出最优 PID 参数，以达到云台响应快、硬度大、超调小的特点。其中通过分析云台电机反馈机械角信息来评判 PID 参数的优劣，目标将最大移动角度响应时间降低到 100ms 内，超调量控制在 5% 以内。

## 7) 云台控制优化

解决扭腰模式下云台抖动问题：当前步兵在扭腰模式下，由于底盘运动的骤停、加速等扭腰控制，间接导致云台存在较为剧烈抖动的问题，对射击极为不利。因此我们计划优化扭腰函数，使底盘达到极限位置时平滑换向，减少骤停导致的云台抖动，同时保持扭腰的运动不规则特性，以达到防御与进攻的性能平衡。

## 8) 跟随控制优化

解决扭腰模式下车身水平方向偏移问题：由于麦轮特性及装配原因，步兵在扭腰模式下很容易发生水平偏移，间接导致枪口偏移。为解决此问题，我们计划通过对云台上的陀螺仪获取的水平加速度进行二次积分求得水平移动距离，并对底盘的控制函数进行优化，抵消整车水平偏移。

## 9) 自动瞄准系统的优化

为增加自瞄的稳定性和准确性，需要在原有基础上对自瞄进行优化。视觉方面，需要增加检测速率，检测精度，并提高数据传输的稳定性。为了增加击打成功率，还需增加运动预测功能。电控方面，需要提升云台响应速率，并且使稳定位置精确，达到“指哪打哪”的效果。

## 10) 击打能量机关功能的开发

根据新的比赛规则，需要对自瞄系统重新进行开发。

## 11) 使用 RTOS 操作系统进行控制

队伍 20 赛季使用裸机程序进行控制。存在时序混乱，采样频率慢等问题。21 赛季队伍计划将使用 RTOS 操作系统进行控制，尝试利用操作系统的实时性解决时序以及采样频率慢的问题。

### 3. 工作内容

表 2-1 普通步兵工作内容

具体工作	资源需求	人力规划	人员技术要求	耗时评估 单位：半月	资金评估
云台架	6020 电机、其他机械零件	1	SW 建模, 有限元分析	1	1000
发射机构	3508 电机、摩擦轮、其他机械零件	1	SW 建模, 充分了解影响发射的各因素	1	1500
能量机关	摄像头、工控机	2	熟悉视觉(控制)算法, 能与电控(视觉)配合	4	3500*3
自动射击	摄像头 工控机(与能量机关共用)	(与能量机关共用)	熟悉视觉(控制)算法, 能与电控(视觉)配合	6	与能量机关共用

### 4. 时间节点

表 2-2 普通步兵工作时间表

后续任务	人员	进度安排
云台完整建模	张嘉龙	至 11. 1
云台实物装配	谢志豪、翁志轩、蔡昱颀、刘思彤	至 11. 14
云台调试	陈昊宇	至 11. 21
弹道测试	蔡昱颀	至 11. 26
旧步兵维护与迭代	谢志豪	至 12. 5
中供云台迭代	张嘉龙	至 12. 5
底盘 pid 参数调节	刘熙宁、刘玉枫	至 12. 13



后续任务	人员	进度安排
云台 pid 参数调节	刘熙宁、刘玉枫	至 12.13
自瞄调试	闫星龙	至 12.13

### 2.2.1.2 平衡步兵

平衡步兵作为新型步兵机器人，在比赛规则中所规定的血量上限、枪口冷却、底盘功率上限等性能参数上远优于普通步兵。且平衡步兵只装备两块大装甲，受击范围小于普通步兵的四块小装甲。由此可见组委会鼓励参赛队伍研发技术难度更高的平衡步兵，以在赛场上获得更大的比赛优势。为此战队决定本赛季投入人力、物资进行平衡步兵的研发，既是对于高难技术的挑战，也是作为战队的技术储备，若研发成功、测试结果满足预定要求，将用于赛场，助力比赛取得胜利。

根据比赛规则、机器人制作规范、以及本队战术规划，平衡步兵的需求如下：能跳上 200mm 高台阶（赛场上无此需求，纯属个人技术兴趣）、对于路面具有自适应，能平稳通过起伏路段、能上  $17^\circ$  斜坡、失稳后可以自主恢复平衡状态、平衡状态下能够抵抗 20kg 重量的步兵以 3m/s 的速度进行正面撞击。

为满足上述需求，整车设计思路如下：设计轮腿式两轮平衡车，采用四个关节电机、单边五连杆结构，使车身高度可以自主调节。同时为满足跳跃需求，需要轮腿的变形量在 300mm，单个关节电机的扭矩在 17N.m 之上，整车重量控制在 18kg。（18kg 重量、17N.m 扭矩，关节电机转角与车身抬升速度的关系如图 1 所示，静平衡状态下关节电机扭矩与转角的关系如图 1 所示）。为满足能上  $17^\circ$  斜坡，需要在机械设计时精调防撞导轮的位置，使得机器人在上坡时导轮与斜坡面不接触。另外为了实现平衡复位和抵抗冲击，需要理论计算驱动轮电机所需扭矩，以此完成电机选型。最后为了使机器人在任一重心高度都能保持平衡，需要选择和设计适合的控制算法，以实现很好的鲁棒性。

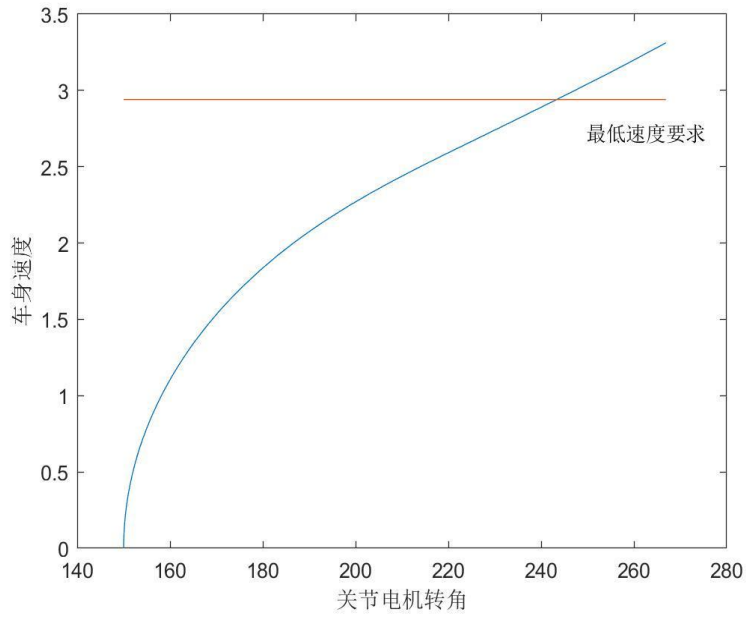


图 2-1 车身速度-关节转角关系

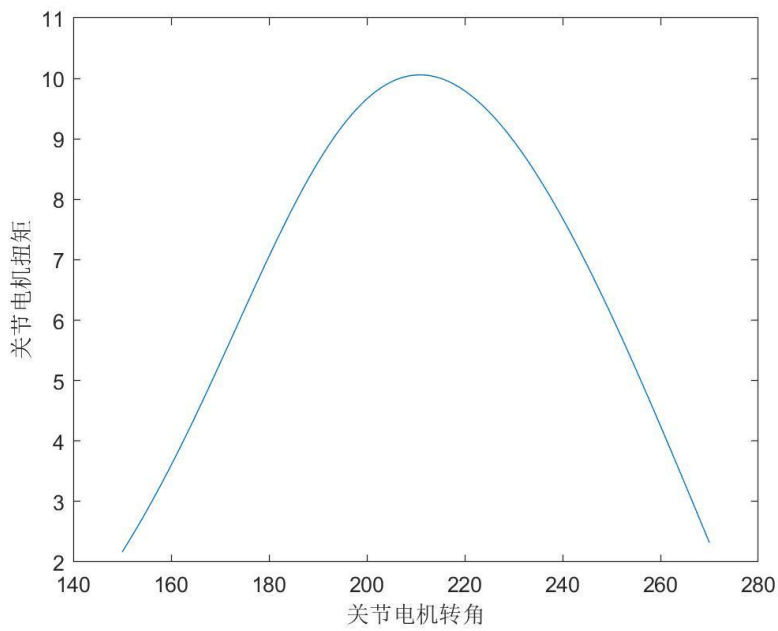


图 2-2 关节电机扭矩-关节转角关系

研发进度安排如下：

表 2-3 平衡步兵研发进度安排

时间节点	进度规划	人员安排
10.20	规则手册研读，制定功能需求和设计参数，收集相关参考文献	黄毓潇
10.25	完成平衡功能的动力学建模	黄毓潇

时间节点	进度规划	人员安排
10.30	对五连杆机构进行几何分析，编写 matlab 函数进行杆长参数最优化设计	黄毓潇
11.10	分析跳跃过程，建立拉格朗日方程求解起跳所需关节电机力矩大小	黄毓潇
11.17	完成整车机械设计，solid works 建模	黄毓潇
11.20	对关键零部件进行有限元分析	黄毓潇
11.23	出具 BOM 表、采购单、机加工图纸，完成采购	黄毓潇、张嘉龙
11.30	根据步兵 C 板代码、完成整车代码框架架构、留好相应接口	黄毓潇
12.10	研究平衡控制算法，用 simulink 进行仿真和优化	黄毓潇
12.15	完成整机组装	黄毓潇、张嘉龙
1.10	完成基本功能调试（底盘平地运动、上坡）	黄毓潇
1.17	完成进阶功能调试（跳跃、通过起伏路段）	黄毓潇

技术难点分析：① 电机选型：关节电机和驱动轮电机的扭矩参数对于整车性能影响很重要，因此需要前期通过理论建模、数学计算和仿真软件对此进行估计。而在这之前我们队伍缺少这样的理论研究，所以属于一项技术难点需要重点攻克。② 平衡控制：平衡步兵属于多变量、高阶次，非线性、强耦合、自然不稳定的倒立摆系统，而且在关节电机改变车身高度的情况下，要求平衡步兵也能保持平衡，传统的 pid 算法和经典控制理论可能无法完美解决，因此需要深入了解非线性控制算法和现代控制理论，在多种控制算法的对比下选择最适合的平衡控制算法。③ 跳跃过程：跳跃时需要关节电机提供一个很大的瞬时力矩使车身有一个向上的速度，达到一定的速度要求后要在极短时间内完成收腿动作，落地后还要马上保持平衡状态，且落地前要有一个较好的落地姿态。所以跳跃过程需要关节电机和驱动轮电机的相互协调，是一个全身动力学问题。④ 车身高度自适应：在通过起伏路段时，除了要保持车身平衡不倾倒，还希望能通过关节电机动态调节车身高度，使云台相较水平面保持在同一高度。这需要对多传感器进行数据融合并同时关节电机和驱动轮电机进行控制。

### 2.2.1.3 自动步兵

#### 1. 功能、需求及实现分析

本赛季暂无队伍将自动步兵实用化，下赛季恐怕也不会有。但应当清醒的认识到，近年来自动步兵的算法基础会更加完善（主要是提高样本利用率，并提高算法自身表现），计算能力会大幅度上升（近五年从 Jetson TK1 到 Jetson Xavier NX 的跃进，无人驾驶车辆带来的红利），下层建设（自瞄、风车乃至整个仿真）也会有很大的进步。最迟三年以内，第一个实用化的自动步兵会出现在 RoboMaster 的某场高校联盟赛（这是因为地图简单，赛事的压力较小）。

因而，在本赛季规划中，我们应当清楚的结合自身情况，去准备面对长期以来比飞镖和平衡步兵更被忽视的这一兵种。如果能够集成成功，即使当下不能有革命性突破，随着强化学习研究的进展，也一定会有一天有突破。即使最终并没有集成成功，其分散的研究成果也可以部署在一般的地面兵种上，减轻操作手的临场压力与培训成本。

客观上说，我校很难在短时间内集中出很强大的算力。且本届构成视觉组的全部是本科生，普遍没有任何强化学习的知识，对机器学习本身的理解也比较有限。因而，即使整个自动步兵的技术路线理论上可行，也要避免处于过拟合与欠拟合的摇摆之中，并完全失去质量控制的能力，最后浪费时间，彻底失去成功的潜在可能性。因而，整个技术路线必须先求稳妥，后求性能，且宁愿损失一部分性能，也要让算法足够简单，尤其要避免过深、参数过多的神经网络（甚至尽量以 hand-craft 的策略取代理论上更为先进的人工智能的方法），过大的状态空间和过复杂的动作空间。

自动步兵的机械与电控设计，与传统步兵并无二致，其难点主要是在算法方面的。因而本节忽略机械与电控方面。

应当充分认识到，这是一个长期计划。一阶段的目标，是完成一些比较重要，且能产生即时效益的子任务。这其中包括分析裁判系统数据、在原有的视觉代码体系内实现更完善的目标优先级选择、云台自动控制索敌设计这一级别的智能。我们希望本赛季能全部实现这一目标。第二阶段是建设整个自动步兵的基础。主要是如何建立仿真环境，并做自体定位和对其他车辆的定位，从局部场景复原出更多语义信息的一个阶段。我们希望本赛季到下赛季，能实现这一目标。第三阶段的目标是实现控制底盘的智能。具体而言，是实现“战或逃”，如何战，如何逃的逻辑。我们希望下赛季能实现这一目标。与此并行的，是研究如何在 1500 人民币左右，将这套方案从实验室落地到实际机器人的一个任务。我们希望从现在开始，到下赛季结束，能将这个问题弄清楚。

## 2. 技术路线

自动步兵的算法是感知环境，决策操作，并进行控制的三个步骤构成的流水线。独立于算法本身的，是算法如何落地。因而，本节主要分析四个技术路线。

### 感知 - 状态空间的设计

理论上，我们可以完全忽略状态空间的设计，直接输入每一帧图像或点云，然后用 SlowFast 类的神经网络，backbone 选用分辨率低，速度快的 ShuffleNet, MobileNet 一类神经网络，把 Fast 通道设定为短时间动作的时间尺度的较小倍，Slow 通道设定为长时间动作的时间尺度的较大倍。但除非有足够人力财力，否则一般避免将过深的神经网络用于强化学习。况且端到端的深度学习方法，有 sim2real 的难以回避的鸿沟。我们渲染出的场景和实际场地捕捉到的摄像机场景，往往是有很大区别的，而现实情况也不允许我们用实车进行头几百个 epoch 的自杀式训练。而根据深度学习的 critical learning period 理论，如果前后的数据分布差别太大，即使长时间在真实场地训练，很可能也无法弥补这一鸿沟。这就使得这一技术路线过于冒险，仅仅适合作为技术验证。

因而实际的状态设计，除了雷达站与裁判系统中转换出的装甲板/车辆的世界坐标及状态；步兵自身的坐标；环境的地形；以及比赛的整体数据这些数据以外，还有经过前处理的步兵搭载摄像头的的数据，尤其是装甲板和目标的数据。

实际操作上，首先是确定高精度自体/其他机器人定位的技术方案，并进行具体实现。单线激光雷达在立体赛场中局限较大，多线激光雷达造价高昂，因而目前倾向于运用最大距离在 15m 左右的深度相机。自体定位上，理想情况是使用雷达站，但有一定的难度。备选方案是运用点云配准（深度相机或激光雷达），或是运用传统视觉的特征描述子，做 SfM 算法，根据特征点的分布来重建模型，并根据模型反推自体坐标。定位其他机器人的方法，主要是根据步兵自带摄像头解算装甲板角度来反推坐标，以及雷达站输出。其次是努力压缩状态空间。这包括确定环境地形是否存在有效稀疏表示，或环境地形是否有可能作为隐变量编码在神经网络中，如何特征工程比赛状态，以筛去无效的数据。

### 决策 - 强化学习算法设计

决策是整个自动步兵最为关键的部分。目前决策算法的各种特性，直接决定了我们前置的感知和后置的控制两者的设计目标。这是因为目前强化学习算法样本效率相当低下，因而训练相当困难。且除非有很强的财力与人力支撑，很难让端到端的强化学习方法实际落地。因而，状态空间与动作空间都应该谨慎的如上文进行进行调整。并且，要取得良好的算法表现，决策过程同样不应该是黑箱，而是从实际比赛经验中获得的。

我们根据强化学习算法目前的实际情况，并根据远期所能动用的人力物力，做出一些假设。首先是，我们假设两个步兵和英雄都完全是自动步兵，这样我们就不需要考虑人工智能和人的协同，减轻我们的。其次是，我们的设计目标是针对固定的某个场地。根据经验将决策过程分为三个部分，如下：

### 1. 总决策

总决策部分负责自动步兵不同状态的切换。最基本的两点，首先是综合处理路径规划与局部战斗间的冲突，或者说是“战斗或逃跑“的冲突。其次是处理战斗对象（地面车辆、哨兵、基地站/前哨战、风车）之间的优先级。此外，理想状态下，自动步兵应该有一定的探索能力，或者说是主动索敌的能力。这一部分主要处理宏观的数据，如双方车辆坐标与状态、比赛任务完成情况等等。

### 2. 寻路算法

处理路径规划的，就是本部分讨论的寻路算法。需要注意的是，这里的寻路算法，与其说是传统意义上的平面寻路算法，不如说是尽量避免战斗，同时朝操作手或是总决策算法所规定的特定方向行进的算法。其假设局部不能聚拢足够力量击溃敌人，因而优先保存自身实力并进行长距离战略机动。为了简化状态，可以把敌方步兵看作是一个静止炮台，以缩短神经网络决策的复杂性，减少训练潜在的不稳定性。

### 3. 局部战斗决策算法

处理局部战斗的，就是本部分的讨论的战斗决策算法。这里假设我方处于优势，因而优先在该区域内集中力量打击敌人。因而该算法优化的目标是在不同的局部地形下，决定战斗的走位与打击对象，最大化对敌人的伤害并最小化对己方的损失。

整个决策过程中，2 和 3 应当适合使用多智能体强化学习的模型。我们不妨回顾规则，“自动步兵机器人无操作手。云台手可通过小地图向自动步兵机器人发送指令。”这等于是说，除了小地图和裁判系统的数据外，我们不能和自动步兵作其他交互。而且裁判系统的接口虽然确实比较全面，但操作手操控与机器人通过裁判系统感知的频率有限，因而机器人间并不能看作是完全协同的。根据研究者的意见与我们的实际场景，这两者最有可能运用精调的 QMIX。这是因为 QMIX 在与此场景类似的 StarCraft 游戏上已经有了比较好的表现，落地成本也并不太大。1 的模型目前尚不明确，且顺序上需要在 2 和 3 之后完成之后才能开始设计。最理想的情况是后两者正常工作的前提下，固化后两个模型，然后先用经验手动构造打击对象策略，再结合模仿学习和 QMIX，生成是战还是逃的策略。至于主动探索，目前学术界

恐怕没有落地的成熟方法（因为目标函数不容易构造），可能需要在前述的所有内容定型以后，由我们自己进行探索。

### 控制 - 动作空间的设计

对于动作空间，我们的先验知识已经足够丰富。理论上，刚体的平动和转动的组合已经足够表达车辆的全部运动状态。当然，限于机器人的实际设计，可能会有奇异点或是理论可行但不符合实际车辆特性的动作出现。但我们完全可以通过仔细研究车辆性能来规避可能性。对于枪管所在云台的运动状态，建模云台的转动和俯仰角度难度更低一点，也不存在奇异点的问题。因而，我们后置的控制操作，主要是需要与电控组紧密合作，根据他们的车辆控制接口，找出一个能保证表现、量化精度又足够低的动作空间，作为整个强化学习输出的状态。

### 如何落地？——底层设计

ROS 是目前比较流行的所谓“元操作系统”。作为一般的机器人研究者，ROS 主要是提供了一些常用驱动，导航、视觉、机械臂控制等功能插件，一般在 RoboMaster 中由电控组去做的面向硬件的机器人控制，以及一些常用的接口组件。前期我们没有采用 ROS，是因为没有那么多通信，没有那么多特殊的传感器，也还不需要用 Gazebo 这一类 Gym 去给强化学习算法训练提供一个采样空间。现在传感器的数量（双目、IMU、单目）肯定是上升的，且要在实际部署前做比较完整的仿真，就需要考虑如何把现有的控制代码和 Gazebo 完善的对接起来。

何况，前面的算法只是理论。即使我们完全想明白这套算法体系，要将算法流畅（60 帧以上）的在 NUC 或类似体积的计算平台上，以足够可控的成本运行起来，且保持很强的可扩展性，其难度不亚于设计算法本身。在移动端落地非视觉的人工智能，我们最希望的肯定是专家系统这一类，时间少且性能可控。神经网络方面主要是多层感知机和 MLP，以及比较简单的卷积结构。目前可以确定的是，一定要在移动端搭载足够强大的神经网络推理模块。候选是 Google Coral TPU, Rockchip RK1808/Amlogic A311D 与地平线旭日 3 这一类方案。

## 3. 工作内容

表 2-4 自动步兵工作内容

具体任务	改进方向	资源需求&到位时间	人力评估	人员技能需求	耗时评估	资金预估
感知部分：自体定位	全新模块	双目相机与 NUC&已经到位	3	精通传统计算机视觉	待定	0



具体任务	改进方向	资源需求&到位时间	人力评估	人员技能需求	耗时评估	资金预估
感知部分：状态空间设计	全新模块	无&无	2	熟悉机器学习	待定	0
局部战斗决策算法：自瞄精修与表现测量	进一步控制延迟，提高追踪能力，实现锁定后不管	NUC&已经到位（沿用原有）	6	熟悉 C++，通读原自瞄代码	中期考核前完成	0
局部战斗决策算法：云台与枪管的自主控制	全新模块	GPU&已经到位（不能满足需求可即时向其他学院商借）	2	熟悉强化学习	期望明年超级对抗赛前完成	0
寻路算法：车辆底盘动作的自主控制	全新模块	GPU&已经到位（不能满足需求可即时向其他学院商借）	2	熟悉强化学习	待定	0
总决策算法的设计	全新模块	GPU&已经到位（不能满足需求可即时向其他学院商借）	3	熟悉强化学习与非深度学习方法	待定	0
控制部分：对接电控组	全新模块	无&无（沿用原有）	2	熟悉原先的视觉-电控对接流程	待定	0
模型整体落地	全新模块	未知&未知	2	熟悉计算机体系结构，熟悉模型量化与部署	待定	目前未知

## 2.2.2 哨兵机器人

### 2.2.2.1 规则分析

哨兵机器人是挂载在己方基地前轨道上、负责守护己方基地的全自动反击机器人。哨兵机器人每阵容配备一台，类似基地的防御塔，是以防御为主的机器人，获胜机制与哨兵血量有关，所以哨兵的自主打击能力与躲避伤害能力越强，给基地提供的保护越强，同时也能减轻其他兵种防守基地的压力。哨兵可以搭载两个发射机构，适应不同战术需求，此外哨兵底盘功率限制为 30W，拥有 200J 的缓冲能量，还有射击初速度上限以及枪口热量上限，两个发射机构枪口热量单独计算，总弹丸为 500 发。

2022 赛季相较于 21 赛季，哨兵挂载轨道尺寸未变，与基地的交互也基本不变，延续上赛季的设计思路，应以保证运动速度、灵敏性为前提，确保哨兵存活，再考虑反击敌方机器人等功能。此外，哨兵相关机制中删去了增益血量机制，哨兵不再能通过对敌方机器人造成伤害回复血量。

值得注意的是 2022 赛季哨兵机器人的最大尺寸从原先的长宽高 500\*600\*850 和 850\*500\*600 两个方案二选一改为尺寸不区分长宽高的 500\*600\*850，即除了原先的高为最大尺寸的瘦高型、沿着轨道方向为最大尺寸的长胖型，增加了垂直轨道面为最大尺寸的宽胖型，意味着存在新的模块布置方式。

### 2.2.2.2 需求分析

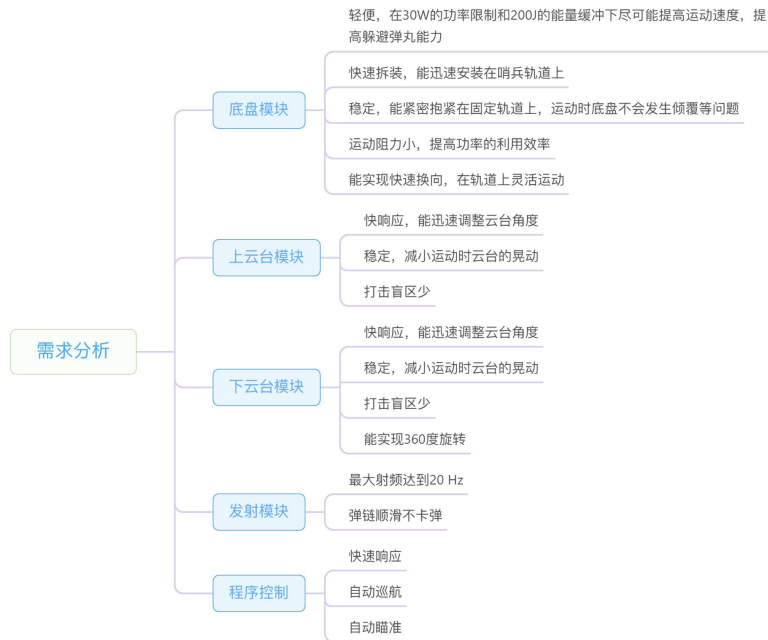


图 2-3 哨兵机器人需求分析

### 2.2.2.3 改进方向



图 2-4 哨兵机器人改进方向

## 2.2.2.4 时间节点

表 2-5 哨兵机器人工作时间表

时间	模块	工作内容	人员安排
11月7日-11月24日	底盘模块	哨兵底盘装配总体设计、加工、装配	梁宇翹
		快速换向机构设计、加工、装配	李淼
		初版底盘接线、调试	黄宇轩、杨久春
11月25日-12月9日	底盘模块	更换底盘铝管，增大底盘尺寸同时增加稳定性	李嘉熙、梁宇翹
		更换快拆结构、保证可靠性	
	快速换向机构模型迭代	李淼、刘笑天	
	上云台模块	压缩尺寸、减重、迭代模型	王博闻、梁宇翹
	下云台模块	弹舱模型修改，增设补弹口	王博闻、梁宇翹
初版下云台接线、测试		黄宇轩、杨久春	
12月10日-12月19日	底盘模块	图纸绘制、加工	李嘉熙、梁宇翹
		新版快速换向机构图纸绘制、加工	李淼、刘笑天
		快速换向机构测试	黄宇轩、杨久春

时间	模块	工作内容	人员安排
	上云台模块	图纸绘制、加工	王博闻、梁宇翾
	下云台模块	图纸绘制、加工	王博闻、梁宇翾
		初版下云台视觉联调	戴仁杰、黄宇轩、杨久春
12月20日-1月20日	底盘模块	新版底盘装配、测试	李嘉熙、梁宇翾、黄宇轩、杨久春
	上云台模块	新版上云台装配、测试	王博闻、梁宇翾、黄宇轩、杨久春
	下云台模块	新版下云台装配、测试	王博闻、梁宇翾、黄宇轩、杨久春
1月21日-2月中旬	整体	哨兵基本功能整体测试	全体成员

## 2.2.3 英雄机器人

### 2.2.3.1 功能与需求

本赛季英雄战术定位基本与 21 赛季相同，单发 42mm 弹丸能够造成巨量伤害，强大的输出能力在攻打基地、前哨站时发挥重要作用，影响整场比赛的走向。新的增益机制将英雄在狙击点的发射与经济体系直接挂钩，更是增加了吊射战术的重要性。同时，场地的变化也对机器人带来了更大考验。根据新赛季规则的变化及旧有英雄存在问题，分析新赛季英雄机器人需求大致如下：

#### 1) 稳定性

比赛场上瞬息万变，必须保证机器人在复杂的比赛环境中足够稳定，尽量避免意外情况的发生，以确保英雄在比赛全过程中持续发挥应有的作用。此外，由于本赛季起伏路段的面积大幅增加，车体运动过程中各结构将受到更频繁的振动与冲击，这就对机器人稳定性提出了更高的要求。

#### 2) 场地适应能力

赛场上存在斜坡、障碍、起伏路段等多种复杂地形。由于车体质量较大，英雄无法实现较快的加速与爬坡。为在赛场上取得更大优势，有必要进一步提高英雄对不同类型场地的适应能力，从而能够更主动地灵活地择进攻路线。

#### 3) 精准狙击能力

由于新规则狙击点机制修改，在狙击点发射弹丸能直接带来金币奖励，英雄远程吊射的重要性进一步提高，可能成为比赛中提供持续输出的重要手段。因此尽可能提高英雄远程精准狙击能力是新赛季工作的一个重点。

### 2.2.3.2 改进方向

#### 1) 研发新型发射机构

新赛季狙击点位置改为 R3 和 B3 梯形高地，水平高度降低的同时与敌方基地的直线距离略有增加，因此发射机构需提供更大的动力与仰角。同时考虑到英雄狙击在新赛季中发挥的重要作用，机械组将研发新的发射机构以提高英雄精准击打的能力。

新型发射机构采用 3d 打印的蛇形关节构成弹链，云台姿态改变过程中弹链总长度不会发生变化，减小了卡弹的可能。后续需要机械与电控、视觉配合测试，实现对弹道的稳定控制

与精准调整。

## 2) 更换悬挂方案

旧有英雄爬坡能力不强，尤其是斜 45 度上坡十分困难，在场地中的运动路线受到极大限制。为解决这一问题，尝试将原有独立悬挂更换为自适应悬挂。自适应悬挂通过球铰将轮组绕铰链的运动转化为与地面平行平面上的运动，再利用连杆使四轮能够联动运动，实现在爬坡过程中一轮抬高的同时同侧的麦轮更好抓地；同时提高抗震功能，从而增强英雄对不同地形的适应能力。

## 3) 提高底盘稳定性

考虑到新赛季对机器人稳定性的更高要求，机械将对底盘进行改进，采用截面积更大的铝管搭建更稳固的主体结构；并与电控组交流，优化各元器件布置方位与走线路径。同时更换英雄轮系，移植使用上一赛季较为可靠的步兵轮组方案，进一步提高机器人稳定性。

## 4) 供弹链路优化

新赛季英雄仍沿用上个赛季的下供弹方案。鉴于旧有弹链采用光固化打印件，较易产生热变形造成卡弹，新车考虑参考开源方案采用板件搭建弹链。设计完成后需机械与电控配合进行大量测试并不断优化迭代，确保目标实现。

## 5) 云台与底盘连接改进

旧有英雄云台与底盘连接采用机加工件抱死，可靠性不足，且 yaw 轴整体装配较为困难。现计划设计新的连接方式，增加可靠性的同时降低装配难度。

## 6) 拨弹轮控制优化

为保证英雄一次射击能够一次只发射一发子弹，拨弹轮每次只能旋转  $1/6$  圈，误差需要控制在极小范围内，否则多次射击将导致误差累积，引起空发或连射两发的情况发生。

拨弹轮使用 3508 电机，控制目标是要让电机输出轴旋转  $1/6$  圈，即转子旋转  $19/6$  圈。因读到的是转子的码盘值，故较难进行精准控制。同时，3508 电机转矩小且存在减速比，容易发生过冲。若无法刹住拨弹轮，可能需要结合裁判系统参数进行控制。若检测到有弹丸发射，就立刻将电机停转，甚至给一个小角度反转保证转动精度。

## 7) 云台 PID 优化



为能在射击过程中够快速精准调整弹道，有效发挥英雄的战术功能，需要保证对 Pitch 轴和 Yaw 轴电机的有效控制，从而实现对云台姿态的精准调节，做到迅速听从指挥且动作稳定，不能出现震动和大的角度误差。与步兵类似，将对英雄云台 PID 进行进一步优化。

### 2.2.3.2 工作内容

表 2-6 英雄机器人工作内容

具体工作	资源需求	人力规划	人员技术要求	耗时评估 单位：半月	资金评估
发射机构	6020 电机、 3508 电机	2	SW 建模，动力学 仿真	4	1000
自适应悬挂	-	3	SW 建模，实物装配	3	1500
底盘框架	-	1	SW 建模，电控布线	2	1000
Yaw 轴及弹链	6020 电机	2	SW 建模，实物装配	2	500
轮组	3508 电机	1	SW 建模，实物装配	1	500
拨弹轮控制	3508 电机	1	熟悉视觉（控制）算法， 细节把握精准	3	500
云台 PID	6020 电机	1	熟悉视觉（控制）算法， 细节把握精准	3	500

### 2.2.3.3 时间节点

表 2-7 英雄机器人工作时间表

后续任务	人员	进度安排
自适应悬挂建模	邱晨依	至 2021. 10. 22
自适应悬挂底盘搭建及测试	邱晨依、韩子琪、马珺琳、危淳仪	至 2021. 11. 7
发射机构建模	姜洁尧	至 2021. 11. 14
发射机构实物装配	姜洁尧、韩子琪	至 2021. 11. 28
底盘框架修改	邱晨依	至 2021. 12. 5

后续任务	人员	进度安排
供弹链及 yaw 轴连接修改	马珺琳、危淳仪	至 2021. 12. 5
实物搭建	邱晨依、韩子琪、马珺琳、危淳仪	至 2021. 12. 26
拨弹轮电机控制代码编写及调试	刘天煜	至 2021. 12. 3
云台 PID 调试	刘天煜	至 2021. 12. 17

## 2.2.4 工程机器人

### 2.2.4.1 功能与需求

工程机器人，作为团队辅助的核心，具有相当重要的战略作用。

比赛中，工程机器人需要完成取矿、兑换、干扰敌方输出位、掩护己方输出位及前哨站、救援、搬障碍块等工作，可谓是任务复杂众多。除了每分钟定时获得的经济外，工程兑换矿石所带来的团队经济价值十分重要，因此设计工程机器人时应将完善的矿石抓取及兑换系统作为工作重心。本赛季官方放宽了工程机器人的最大伸展尺寸，使得整车布置可以不用过为局促，为更多机构提供了可能性。

#### 1) 稳定性

工程机器人包含了众多复杂机构，传动链路长，动力源多，因此设计时应特别关注其稳定性上的要求。气路、信号线、电源线的布置需在设计时就规划完毕。对于关键机构的驱动电机必须做扭矩校核防止烧毁，并搭建实物反复测试。

由于工程机器人质量较大，很容易出现质量不均的情况，严重时可能造成车体倾覆，因此对于质量分布，尤其是变形后的质量分布必须加以考虑。

#### 2) 取矿

工程的首要任务就是为队伍提供经济。取矿分为两个层级，首先要做到能稳定取一般掉落状态矿石，如此一般来说可以保证至少 1 个金矿石，3 个银矿石的经济收入，这是对其基本功能实现的要求。而后，要求能做到空接和双工位取矿。这两项是对取矿效率和取矿优势地位的要求。

#### 3) 存储矿石

为了保证取矿和兑换的效率，工程应具备存放两个矿石的能力，这已经可以覆盖场上大多数情况。

#### 4) 兑换矿石

在新规则体系下，必须在短时间内完成矿石检测和矿石推入，因此传统的使用夹爪将矿石顶入兑换站的做法很可能来不及，必须寻求新的解决方案。

#### 5) 救援

对于场上战亡的机器人需要有救援的能力。

## 2.2.4.2 改进方向

### 1) 双工位与空接机构

空接的优势不言而喻，可以加快取矿速度，获得经济优势。目前存在两种主要技术方案，东北大学率先采用了吸盘结构，在矿石掉落过程中就使用吸盘吸走矿石；浙江大学、上海交通大学等学校则采用传统的夹爪配合电控及视觉完成空接。相比而言，前者的方案更为精简，稳定性高，将任务主体变成了机械的工作，减少了开发和调试成本。较之空接，双工位取矿的重点在于“争夺”矿石，在第一轮矿石掉落时，工程机器人占据 3 号位，通过双工位机构先后接住 2 号位和 4 号位的矿石。第二轮矿石掉落时，工程机器人占据 2 号位或者 4 号位，通过双工位机构首先接住 1 号位或 5 号位的矿石，而后移动顶部机构收集 3 号位的矿石，配合空接可以极大地提高采矿效率。

### 2) 底盘改进

上赛季工程机器人使用了经过队内改进的交大开源轮组，悬挂形式采用双边支撑，对于工程机器人这种自重较大的机器人性能更加可靠。但由于轮组电机外伸长度过大，轮组轴系长度高达 155mm，极大地挤压了工程机器人底盘布置的空间。相比之下，在目前存在可定制轮毂麦克纳姆轮的条件，通过改变轮毂形式并将 M3508 电机内置于麦轮内部空间中极大缩短轴系长度，理论上可以达到的极限长度即为单个电机的轴向长度（100mm），轴距较之前的方案缩短 35%左右，为底盘横向布置额外争取了 110mm 的宽度空间。开源论坛现有的内置电机方案（通过胀紧套连接）较为可靠，但由于锁紧螺钉尺寸较小不适合经常拆装维护，因此本赛季将考虑自行设计刚性联轴器（或参考其他开源方案），保证机械结构稳定性。

上赛季中由于底盘空间布置局促，许多零件不易拆装维护，本赛季将配合抬升机构布置改进重新考虑底盘各功能模块布置，保证稳定性的同时使其易于维护。

### 3) 布线

上一赛季的工程布线杂乱，气路、信号线路、电源线路全部混杂在一起，导致工程机器人的损管工作异常困难，直接影响了其上场表现。赛后也阻碍了检修和迭代升级工作。必须重新设计布线，并做好线路标识。

### 4) 高实时性

本赛季使用 FreeRTOS 实时操作系统代替了原先的裸机操作系统，极大地加快了单片机

执行线程的速度，能使得机器人反应速度更快，操作更加顺畅。

### 5) 自动化

上赛季我们的工程机器人虽然能取矿，但操作繁琐复杂，操作精度不足，难以在赛场上展现其真正作用，故本赛季我们还将设计光电限位、一键抓取、自动抓取等软硬件功能，降低操作手的操作难度，提高工程机器人的容错率，使其能在赛场上更好地发挥其战略意义。

## 2.2.4.3 工作内容

表 2-8 工程机器人工作内容

具体工作	资源需求	人力规划	人员技术要求	耗时评估 单位：半月	资金评估
抬升机构	3508 电机	2	SW 建模，动力学 仿真	4	1000
自适应悬挂	机加工	3	SW 建模，实物装配	3	800
底盘框架	-	1	SW 建模，电控布线	2	1000
抓取机构	M3508 电机×2 气缸×1	2	SW 建模，实物装配	2	1500
RTOS 代码移植 及优化	-	3	熟悉电控编程和控制算 法	2	-
气路控制	继电器、电气阀、 气缸	2	SW 建模，实物装配，熟 悉硬件知识	3	1500
抬升抓取 PID	3508 电机	2	熟悉控制算法	3	500
双工位系统	M3508 电机×1 MGN7*400×2 直线导轨×1	1	SW 建模	1	700

## 2.2.4.4 时间节点

表 2-9 工程机器人研发时间节点

后续任务	人员	进度安排
工程 RTOS 代码移植	陈昊鹏、吴天骋	至 2021. 11. 7
继电器气路气缸修复	陈昊鹏、杨廷恺	至 2021. 11. 14
底盘代码移植	吴天骋	至 2021. 11. 14
老工程重新布线理线	陈昊鹏、杨廷恺、马佳乐	至 2021. 11. 14
抬升抓取代码移植和优化	吴天骋、程果然	至 2021. 11. 21
PID 调参	程果然	至 2021. 11. 28
一键抓取及兑换	陈昊鹏、杨廷恺、吴天骋	至 2021. 11. 28
工程键鼠键位	杨廷恺	至 2021. 11. 28
综合性能测试及调试	陈昊鹏	至 2021. 11. 30
双工位机构	潘元皓	至 2021. 12. 07
新工程底盘	山明扬	至 2021. 12. 14

## 2.2.5 飞镖系统

### 2.2.5.1 飞镖系统需求分析

飞镖系统由发射架和飞镖本体两个部分组成。作为一种战术兵种，可以瞬间为队伍提供强力爆发，并利用其后效彻底改变战场态势。上一赛季，飞镖及发射架出现了诸多技术问题，飞镖的最终测试结果比较差，发射架也有些问题（没有换弹装置，Pitch 轴和 Yaw 轴要手动调节等），结合 22 赛季比赛规则和队内实际情况，现对飞镖系统提出如下要求：

#### 1) 飞镖最大飞行距离 25m

根据 22 赛季的比赛地图，飞镖发射站距离敌方基地 25m，距离敌方前哨站 15m，为确保飞镖能击中敌方基地，要求飞镖的最大飞行距离至少 25m。22 赛季地图相较于 21 赛季更改了飞镖发射站的位置，缩短了其与敌方前哨站的直线距离，对于仅计划用飞镖击打前哨站的队伍，无疑是降低了难度。但是与敌方基地的距离基本不变，要想飞行 25m 击中基地装甲板，仍存在较大技术难度。

#### 2) 发射架云台

飞镖的发射角度决定了飞镖飞行的轨迹以及最大飞行距离，因此需要一个能够调整角度的 Pitch 轴，而且由于前哨战和基地不在同一条直线上，因此对于要击打前哨战和基地的队伍来说，要拥有一个 Yaw 轴，以便于切换击打的目标；

#### 3) 发射架装填机构

由于每次飞镖舱门开启的时间并不长，仅有 15s，而且飞镖容量有上限，仅为 4 发，因此换弹机构要迅速且要保证换弹的准确稳定，能够在短时间内换好并且保证飞镖不偏离发射轨道；

发射机构：之前的发射机构采用的是飞镖放置在底座上，对底座进行蓄力而将飞镖发射，但这种方式阻力较大，并且需要很长的同步带，因此需要进行新的发射方式改进；

### 2.2.5.2 主要改进方向

#### 1) 飞镖：

上赛季由于研制方向错误和技术储备不足，投入了极大的试错成本，一共诞生了三种飞镖方案。包括无动力翼型飞镖、涵道飞镖及无动力类导弹飞镖。根据综合分析，最终决定继续发展无动力类导弹飞镖。



本赛季放宽了飞镖的尺寸重量要求，因此可以设计更大的翼展为飞镖提供更好的飞行稳定性。考虑到上赛季飞镖批量制作时出现的质量分布误差，提出增加重心快速调整设计。针对飞镖平翼易损的问题，设计了新的翼-体分离插槽。对于摩擦轮发射时挤压镖体导致压溃的问题，加厚了与摩擦轮接触的壁面，并增加了额外的支撑铝柱。

在完成了无动力飞镖的设计要求后，计划复用涵道飞镖的舵面调整机构，为飞镖加入简单的主动飞行稳定能力。全部完成后，则继续为涵道飞镖进行相关的技术储备。

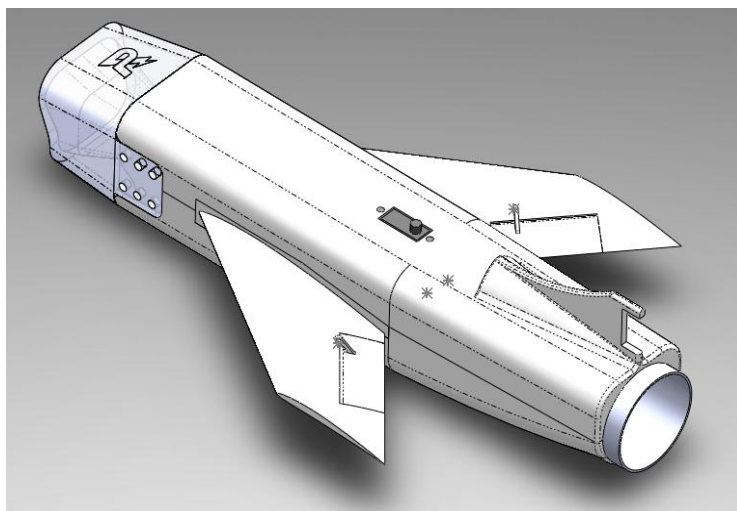


图 2-5 涵道飞镖基本外形

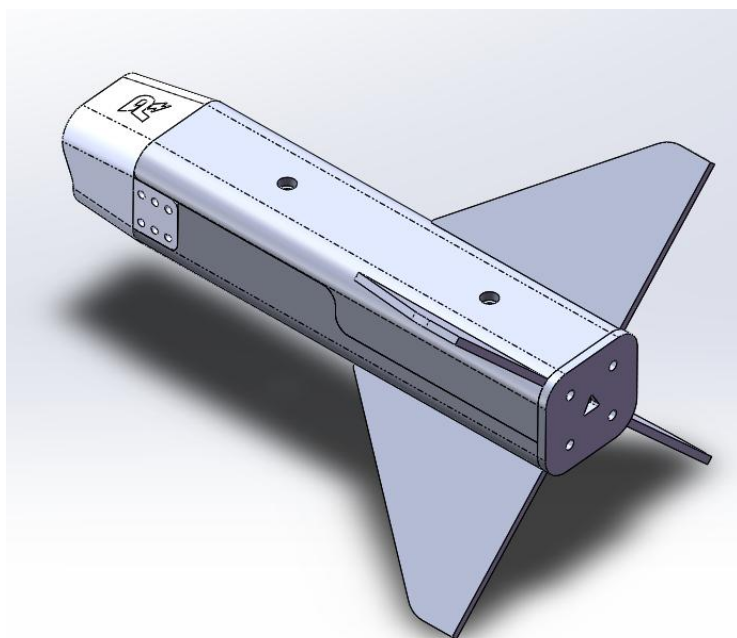


图 2-6 无动力飞镖基本外形

## 2) 发射架云台控制:



云台要保证发射架能够有小幅度的调整角度，云台控制是能够提高命中率的及其重要的作用，接下来的目标是通过上机对其进行参数的调节；

直线导轨尾端与发射架底座通过光轴连接，另一边由电机连接丝杆和发射架底座，电动推杆伸缩便可以调节直线导轨的Pitch 角度。Yaw 轴调节是通过 6020 电机带动同步带进行传动，从而实现发射架的角度调节。

### 3) 发射架装填机构：

之前的装填机构是通过同步带带动放置着飞镖的滑块进行装填飞镖，现改为用舵机通过连杆机构推动飞镖进入发射轨道进行换弹，这样能够增加飞镖更换的速度以及进入轨道的稳定性。

### 4) 发射机构：

我们采用直接用摩擦轮对飞镖进行挤压发射，飞镖被装填机构推入发射轨道后，通过两侧的摩擦轮对飞镖进行加速，一共放置三组摩擦轮对其进行加速，三级加速后飞镖脱离轨道完成发射。接下来主要在机构设计上进行多变量测试，以及进行上机调试，调整弹道提高稳定性。

## 2.2.5.3 人力与耗时评估

表 2-10 飞镖人力与耗时评估

具体工作	资源需求	人力规划	人员技术要求	耗时评估	资金评估
发射架云台设计	丝杆、6020 电机、 3508 电机	1	SW 建模，实物装配	2	1000
发射架装填装置 及发射机构	摩擦轮、3508 电机 (无减速箱)、2006 电机	2	SW 建模，实物装配	2	1000
发射架控制	开发板 A 板	1	嵌入式开发		
飞镖壳体	LW-PLA、3D 打印机	1	3D 打印机使用经验	2	248
飞镖制导	1.5g 舵机*4 全志 Nano 开发板*1	2	Linux 嵌入式开发经 验，机械设计能力	8	600
飞镖动力	自制涵道*1	1	Ansys Fluent	6	140

## 2.2.5.4 时间节点

表 2-11 飞镖工作时间表

后续任务	人员	进度安排
发射架云台、发射机构设计调节	李佳峻	至 2021.12.5
发射架整体组装	李佳峻, 何朋昆	至 2021.12.19
发射架角度调节	于桩	至 2021.11.28
飞镖壳体设计	潘元皓、李希桓	至 2021.01.10
飞镖视觉制导和控制	李希桓	至 2022.03.26

## 2.2.6 雷达

雷达站位于基地后方的场外，拥有  $1200\text{mm}^2$  的小平台，平台基础高度为  $2000\text{mm}$ ，并且安装后摄像头还可以往上延伸，具有开阔的视野和较高的地理位置，适合地面单位和空中单位的检测、跟踪和定位。同时雷达站采集到的信息可以通过裁判系统通知到各个操作手，为我方提供预警、战略、辅助等战术安排。

### 2.2.6.1 功能与需求

### 1) 传承上届雷达站的代码

### 2) 开发平台的现代化改造

考虑到现有的开发平台的硬件及软件环境难以满足后续开发的需求，故需要对开发平台的软件和硬件进行改进，主要涉及两大部分：部分硬件的升级和开发环境的规范化。

硬件的升级主要集中于雷达站基站（即中塔式兼容机）上，使其能够达到长期稳定训练模型，并在赛场上长时间稳定推理模型的需求。

开发平台的规范化主要在于操作系统和对应包管理器的改进，使其能够达到向下兼容，并具有一定的可扩展性的要求。

### 3) 模型结构优化与模型训练

此前雷达站训练的模型已经达到了很高的精度，也有着不错的推理速度。作为常规技术改进，这一方面主要涉及两点内容：一是新结构模型的引入，以期提高精度与推理速度；二是模型的新应用场景的探索，使模型能够被用到不同的实际功能中去。

新模型结构的引入主要着手于视觉业界新进展的复现，而新的应用场景则是与其他小组合作，解决具体问题。

### 4) 实地数据集的收集

由于雷达站的性能严重依赖于基于深度学习的模型，故而高质量的数据集显得尤为重要。为了达成上面几点的改进，我们在新赛季中能够收集到更多更有效的实地数据，并且将其整理为数据集，供雷达站训练等任务的使用。

### 5) 新硬件的适配

由于本赛季预期会引入新的硬件，故而需要对新的硬件进行环境的配置即开发平台的适配。

## 2.2.6.2 改进方向

### 1) 开发平台的软硬件环境管理

- a. 对于可以正常运行的开发平台环境，对其各个版本进行备份，以供不时之需
- b. 依据后续具体需求，对开发平台的开发环境进行重做。

### 2) 代码维护

- a. 对于上届的雷达站代码，进行研究
- b. 对于上届雷达站的代码，进行小规模的重构，并以此为基础添加新的内容

c. (Optional) 逐步调整上届雷达站代码的组织形式，使之于其他组的需求相适应

### 3) 小地图

a. 利用新硬件与新模型，提高小地图的可见范围与探测精度

### 4) 自动步兵导航

针对自动步兵的导航问题，打算以在小地图点击的方式，发送坐标信息给自动步兵，该功能会用多线程来实现，不会对目标识别有影响

### 5) 辅助射击

针对雷达站辅助射击的问题，因距离较远，并且弹道较小，将采用人工标定的方式进行。

## 2.2.6.3 工作内容

1. 开发环境备份与需求对接
2. 上届项目复现
3. 开发环境重做
4. 模型调研，模型训练等 DL 工作
5. 数据集收集与完善
6. 新硬件适配
7. 与其他小组相关的工作

## 2.2.7 人机交互系统

### 2.2.7.1 工程一键抓取

#### 1) 目前工程机器人抓取方式

现在我们战队还是沿用了上赛季比赛时的工程车，抓取方式为气缸夹爪和翻转电机驱动的形式，使用第二图传配合操作手进行手动的矿石抓取。第二图传是我们安装在工程抓取机构斜侧面的一个摄像头，通过图传转向观看第二图传小屏幕的方式来进行“潜望镜”式的操作，对操作手来说十分不方便，既无法获得正对于取矿方向的第一人称视角，又无法精确

分辨矿石位置，就算成功抓取矿石后也无法观察到工程机器人顶部存放矿石的状态。故后来第二图传方案被彻底舍弃。

目前工程机器人抓取方式还是通过键鼠操作 4 个键位来进行，这四个键位分别控制抬升电机、气缸滑轨伸出、夹爪翻转电机和夹爪气缸，使用起来繁琐复杂，再加上 WASD 的键鼠移动和图传转向，使操作手取矿和兑换过程变得愈加困难。

## 2) 一键抓取的存在意义

一键抓取的意义在于能够使操作手更加便捷快速地完成矿石抓取和兑换工作，不再需要在赛场上运用繁琐复杂的键鼠键位来操控工程机器人手动抓矿和兑换，而能够实现半自动化的工作流程，极大地减轻操作手的工作负担和赛场上的压力，使其能够更专心投入与比赛运营与团队收益中去，并且提高容错率，为工程单项赛做准备。

## 3) 一键抓取的设计思路

一键抓取需要了解抓矿和兑换的控制逻辑，并写出相应的控制程序。例如抓取机构的一键控制就需要先抬升电机工作使夹爪抬升到与矿石同一高度，再推动伸缩气缸使夹爪移动到矿石位置前，然后打开夹爪气缸并翻转夹爪电机使矿石位于夹爪正中央，最后夹住矿石，并执行一系列逆流程完成一次取矿。每次机构运行间要设置相应的演示时间，避免造成机械上的逻辑冲突无法正常抓取矿石。

### 2.2.7.2 哨兵预警模式

哨兵运动分为两种行为模式，当剩余血量多于一半时为巡航模式，以较低速度在哨兵轨道上来回随机运动，搜寻并识别敌方地面单位进行反击。当剩余血量低于一半时，进入逃逸模式，以最高速度来回随机运动，躲避敌方单位的射击。

当哨兵因装甲受击而掉血时，会通过裁判系统的多机通信链路向己方操作手发送求救信号，操作手的 UI 界面上会显示 Mayday 字符，操作手收到信号后便知道哨兵受击，需要回防哨兵。

### 2.2.7.3 编写 UI

操作手在比赛的过程中，可以通过电脑上显示的 UI 来更好地对机器人进行控制。前几个赛季我们在 UI 的编写上都遇到了一些技术上的困难，后面在攻克了图像的显示的基础上，由于之前采用的逻辑控制逻辑，会导致 UI 的初始化有一定的 bug 存在。

在本赛季采用了 RTOS 操作系统控制之后，UI 的初始化和更新都有了更好的提升，因此可

以让操作手有更良好的比赛体验。

## 2.3 技术中台建设规划

### 2.3.1 机械部分

#### 2.3.1.1 机械已具备部分

##### 1) 下供弹英雄

传统的上供弹英雄结构简单，弹仓位于 yaw 轴上，当子弹射出后，yaw 轴重心位置将发生改变，导致 yaw 轴动平衡被破坏，在英雄发射质量较大的 42mm 大弹丸情况下更加明显。而下供弹方案将大质量的弹舱与拨弹机构移至底盘，降低整车重心，减小云台转动惯量，使发射时能够更好地对云台位姿进行调节，提高响应速度和稳定性。从 20 赛季开始，英雄不再有 17mm 发射机构，仅能发射 42mm 弹丸，用于击打建筑物的战术地位进一步突出。新规则对英

英雄的弹道精度与机动性提出了更高的要求，将供弹方式从传统的上供弹引向下供弹方向。因此上一赛季研发了下供弹英雄，大致采取的是拨弹轮-电滑环-弹链-单发限位装置-摩擦轮的方案。

为给弹丸留出通过空间，yaw 轴中心需留有供弹通道，因此采用同步带与带轮传动，通过可独立调节的涨紧轮调节同步带松紧。同时将 yaw 轴 6020 电机倒置安装，极大地节约了底盘空间。

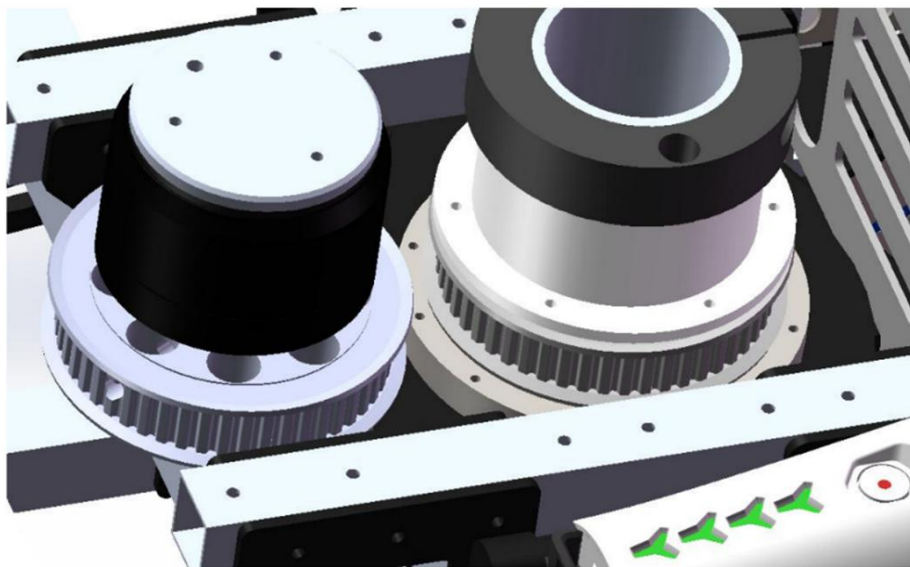


图 2-7 yaw 轴传动设计

为降低成本，使用光固化打印件制造封闭式硬质供弹管路，通过调节弹链曲线对弹丸压力角进行控制，并添加轴承减小摩擦力避免卡弹，取消二级拨弹轮。同时添加一级限位装置防止弹药退回，添加二级限位装置防止突然减速过程中弹药由于惯性射出，基本实现设计目标。



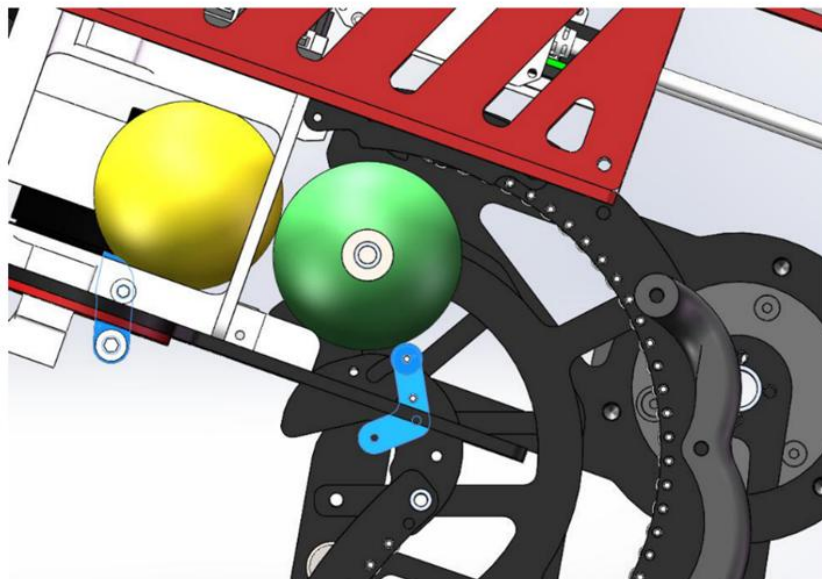


图 2-8 限位设计

## 2) 下供弹步兵

21 赛季研发的下供弹步兵具有云台质量小、整车重心低等优点，同时解决了上供弹云台在发射过程中 pitch 轴重心改变的问题。在半个赛季时间的研发中，下供弹的技术已经相对成熟，以下简述其技术重点：

### a. 以滑槽作为弹链在 pitch 轴的转点：

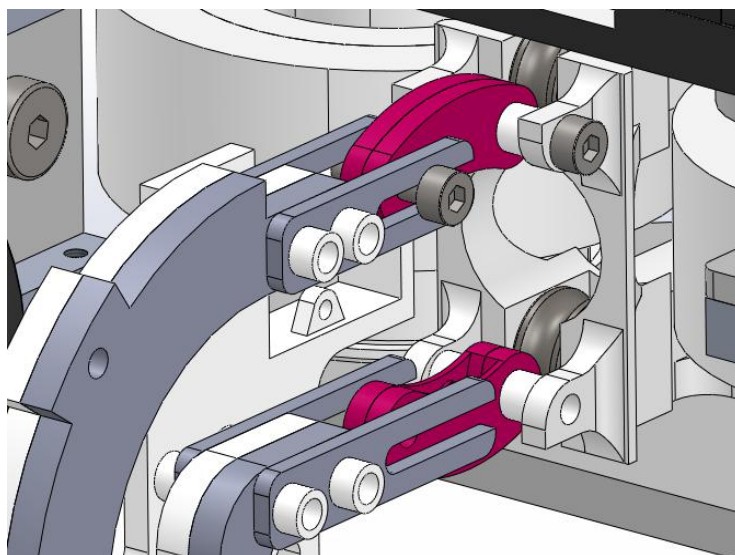


图 2-9 滑块示意（紫红色零件）

其原理是：当云台俯仰时，滑块上的螺钉在滑槽中滑动，实现了 yaw 轴上的弹链轴线与 pitch 轴上的弹链轴线的偏移，且保证弹链始终接通。相比于平行四边形结构的弹链及过 pitch 轴中心孔的弹链，该结构的体积、重量都大大减小。不足的是，当云台俯仰时，弹链长度将产生轻微变化，但在实际测试中，该变化并未导致二连发、卡弹等现象；由于滑槽长



度的限制，云台的俯仰角受限，目前的下供弹步兵的俯仰角为 $-15^{\circ}$  至  $30^{\circ}$ 。

b. pitch 轴电机作为惯性体，实现云台 pitch 轴的平衡：

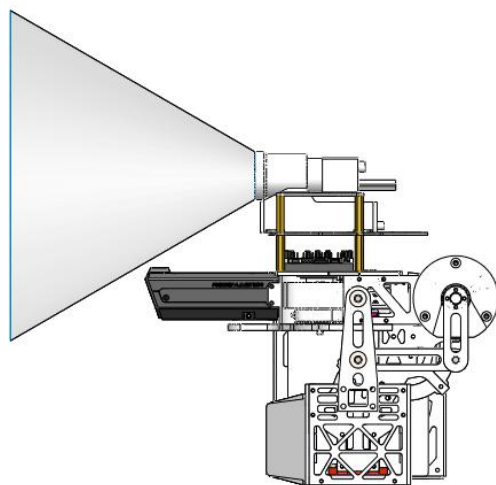


图 2-10 pitch 轴平衡

c. yaw 轴同步带传动，采用内孔径 20 的滑环

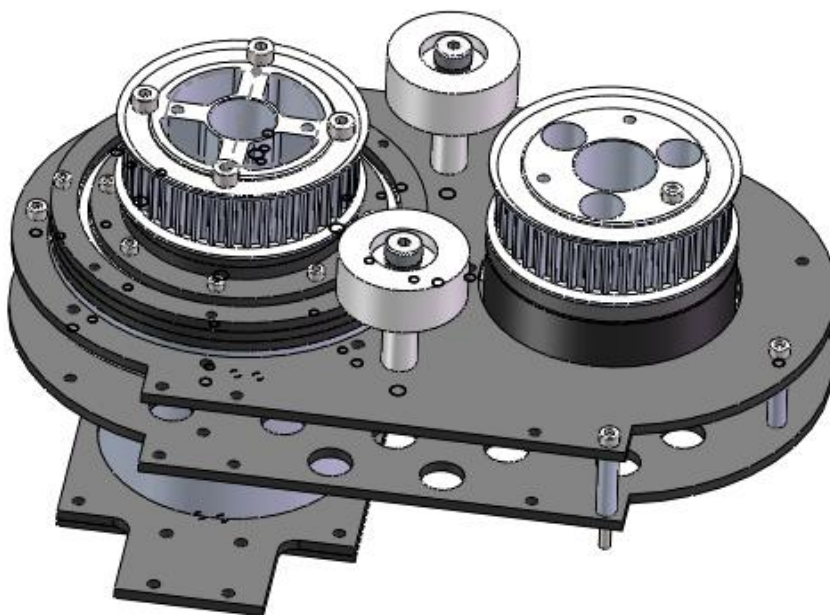


图 2-11 配合下供弹弹链的 yaw 轴

由于采用下供弹，则弹丸需要从 yaw 轴中心通过，同时为了降低云台高度、保护电机，故采用间接传动，即同步带传动。

d. 齿轮传动控制弹仓开合盖：



图 2-12 齿轮传动开合弹仓盖

由于弹仓位于底盘，则需采用能够 can 通信的驱动件，因此一般的舵机开合盖的结构不适用。下供弹步兵的弹仓盖采用 2006 电机驱动，通过齿轮传动实现开合盖。同时，当弹仓盖打开一定角度时，弹仓盖也可作为接弹部件，扩大了接弹的面积。

#### e. 程序绘制鼓轮形状

考虑到底盘布置问题，弹仓采用从中心出弹，该出弹方式对鼓轮形状的要求较高。同时，由于下供弹的弹链较长、转角多阻力大以及弹丸自身存在重力，因此需求鼓轮对弹丸的推动力较大，即对鼓轮形状的要求较高。下供弹步兵的鼓轮通过程序算出，以下是用 Ruby 写出的绘制鼓轮形状的程序（部分）：

```
class Draw
  def initialize(da)#参数 da 为角度分度值，越小取点越多
    @da = da
    @r = 28#轨迹半径
    @br = 8.5#弹丸半径
    @a = 3.14 * 30 / 360#轨迹切线初始角度值
    @boll = []#弹丸坐标和运动方向数组，运动方向也就是轨迹的切线角度
```

```

    @wheel = []#鼓轮与弹丸接触点的坐标与鼓轮形状切线数组，理想的形状切线是与运动方向垂
直

    @c = [28,48.50]#弹丸初始坐标

    @wa = []

    @boll_a = 30#计算部分轨迹起点与终点和圆心连线的角度

end

def get_boll#取点，获取弹丸坐标

    num = @boll_a / @da

    (0..num).each{|i|

        list = []

        #计算下一点的坐标

        x = @c[0]-Math::sin(@a)

        y = @c[1]-Math::cos(@a)

        list += [x]

        list += [y]

        #计算下一点的角度

        a = x == 0 ? 90 : Math::atan(y/x).abs()

        list += [a]

        @boll += list

        @a -= @da

    }

end

def get_wheel#根据坐标算接触点

    @boll.each{|l|

        list = []

        dx = @br * Math::sin(l[2])

        dy = @br * Math::cos(l[2])

        list += [l[0] + dx]

        list += [l[1] - dy]

        list += [3.14 / 2 -l[2]]
    }
end

```

```

    @wheel += [list]
  }
end
def get_point#将接触点的坐标转换为形状点集
  p_begin = @wheel[0]
  p_end = @wheel[@wheel.size-1]
  a_begin = Math::atan(p_begin[1]/p_begin[0])
  a_end = p_end[0]==0 ? 3.14 / 2 : Math::atan(p_end[1]/p_end[0])
  num = @boll_a / @da
  (0..num).each{|i|
    #将接触点坐标旋转对应的角度
    a = @wheel[i][2]
    @wheel[i] = change_a(@wheel[i][0],@wheel[i][1],i * @da)+[a]
  }
  @draw = []
  (0..2*num-1).each{|i|

```

### 3) 过 pitch 轴弹链

在中供弹步兵研发初期，弹链过 pitch 轴部分的布置有三种方案，以下简要分析其特点（部分）：

表 2-12 过 pitch 轴弹链特点

弹链形式	描述	优点	缺点
滑槽	同 21 赛季步兵的结构	总体体积及质量较小；对云台空间的利用率高。	俯仰角受限；云台纵向尺寸大
pitch 轴内侧	弹链在 pitch 轴内侧，且在 pitch 轴同轴线上布置一个轴承，作为弹链转角	结构紧凑；无俯仰角限制	弹链轴承与 pitch 轴可能存在同轴度误差，使弹链转角处的零件在云台俯仰过程中受剪力
过 pitch 轴中心	弹链过 pitch 轴的中心（pitch 轴为中空结构）	无俯仰角限制；弹链、弹仓等结构可模块化，便于维修	云台横向尺寸较大

考虑到材料、加工成本及性能等因素，选取了弹链过 pitch 轴中心的形式。pitch 轴轴承选用 25\*37\*7 的法兰轴承，外圈通过两块环氧板实现与云台架的定位，内圈通过法兰车铣件与环氧板实现与发射机构的定位。考虑到在云台俯仰过程中，发射机构将相对弹链转动，因此在弹链与发射机构连接处再设置一个 25\*32\*4 的轴承。其结构如下：

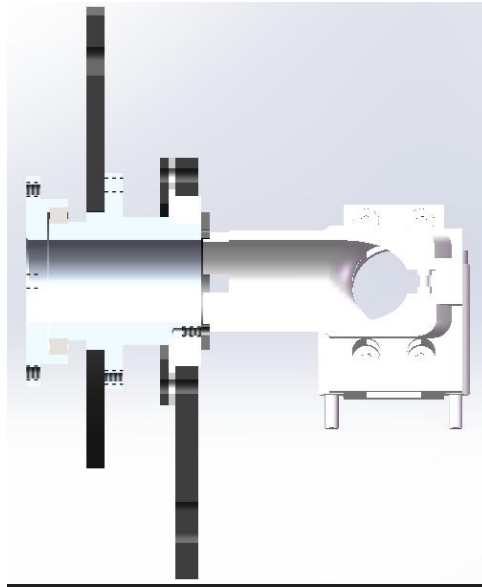


图 2-13 pitch 轴弹链设计

### 2.3.1.2 机械欲发展部分

#### 1) 英雄发射机构

上一赛季中英雄机器人射击准度不够理想，同时考虑到规则的变化，提高弹道精度成为英雄组本赛季工作的一个重点，将在发射机构的设计上寻求突破。

对英雄从狙击点远程吊射基地和前哨站的过程进行理论分析，经计算得到弹速与发射角相应关系如图所示。为同时实现从狙击点对前哨站和基地的吊射射速要求，采用[15, 16]为本赛季的射速区间。

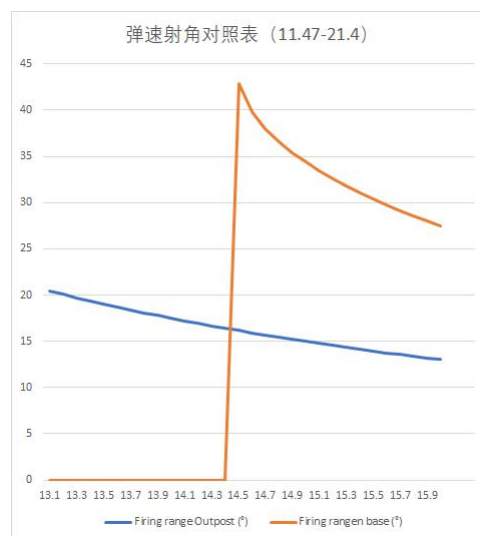


图 2-14 弹速与发射角度关系图

在射击仰角方面，15.5m/s 左右射速的允许角度误差在[0.10, 0.12]之间，现阶段的 6020 电机满足上述要求。但在射速方面，由计算得出相应的射速误差应控制在  $\Delta v \leq 0.1\text{m/s}$ 。故后续相应工作围绕对射速偏差的控制进行，通过减小射速偏差量来控制落点散度，目标是使其在直径 0.15m 的圆内达到 80%以上。将对枪管零件进行测试与迭代，为本赛季的研发重点内容。

英雄云台部分供弹管路参考了仿生学的原理，尝试采用蛇形关节结构。使用多个环形关节连接构成弹链，每两个关节相互之间可绕连接点相互转动，构成类似蛇身关节的结构。各个关节能够在 pitch 轴转动到不同方位时自行调整角度，使供弹管路整体姿态灵活适应俯仰角的变化；同时由于供弹管路总长相当于各关节铰接点相连的总长度，能够保证不同俯仰角下弹链总长始终保持不变，避免管路中的弹丸排列过紧或过松，影响弹丸发射，减少二连发现象。

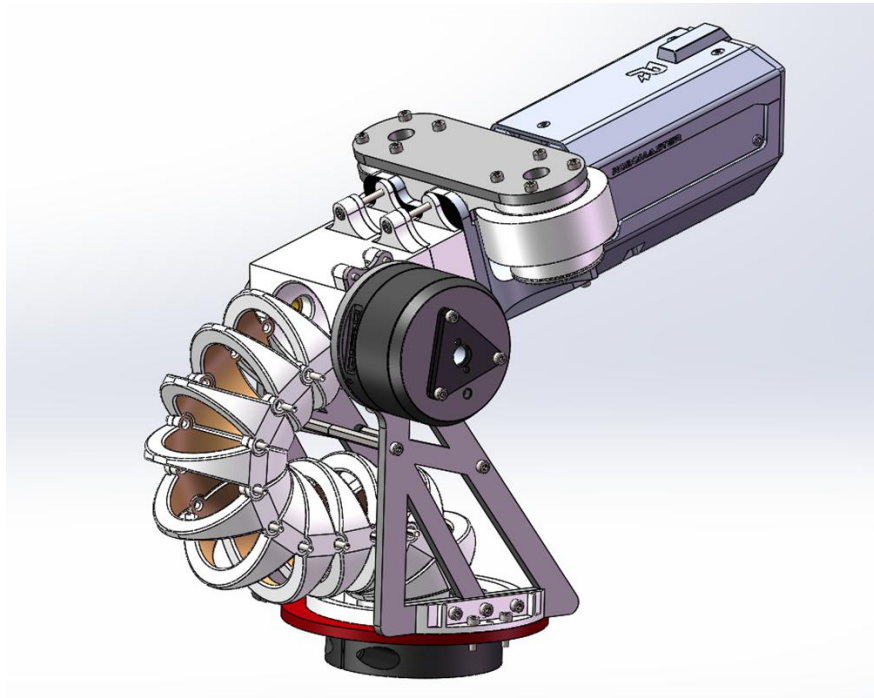


图 2-15 蛇形关节弹链

蛇形关节采用 3d 打印件制作，降低成本、提高迭代效率，并有效减轻了云台质量。关节之间通过销连接，装配简单；管路内侧将贴上润滑胶带减小摩擦，防止卡弹。考虑到两个关节之间间隙较大时 17mm 弹丸可能进入弹链造成弹道堵塞，将在关节之间增加更细的环形关节减小间隙，达到保护作用。

## 2) pitch 轴平衡

新赛季的下供弹英雄及中供弹步兵都存在空间限制问题，pitch 轴的重心都集中靠前。当仅使用一个 6020 电机使 pitch 轴保持水平时，电机负载较大，运行一段时间后就会发烫甚至烧毁。目前不考虑更换 pitch 轴电机或 pitch 轴双 6020 电机驱动，因此需要选用一定的机械结构使得 pitch 轴平衡。目前在学习广东工业大学 DynamicX 机器人队廖洽源等开源的零原长弹簧实现 pitch 轴平衡的机械结构。

## 3) 双枪管步兵云台

考虑到新赛季空中支援的费用较高，无人机击打地面单位的战略意义不大。因此，我们决定放弃无人机上的机动 17mm 发射机构，使其只提供勘测视野的功能。考虑将多出的 17mm 发射机构安装在一辆步兵上。按目前的方案设计来看，其需要发展的技术重点主要为：

### a. 上下摩擦轮发射

双枪管步兵仍旧采用中供弹，考虑到云台布置问题，决定将枪管水平并排放置，因此需要采用上下摩擦轮发射。由于我们从未采用过该结构，在双枪步兵的设计过程中，需要提前



进行上下摩擦轮发射的测试。与左右放置摩擦轮发射不同的是，该结构会因为弹丸自重问题导致摩擦轮与弹丸接触位置发生变化，因此对枪管连接件的限位装置的要求更高，对连接件的结构也有所限制。

#### b. 弹链布置

按目前方案设计来看，仍旧采用弹链过 pitch 中心的结构。该结构会导致云台的横向尺寸很大，因此需要尽可能减小云台架及发射机构的横向尺寸。

#### c. 弹仓

由于同时需要双枪管发射，则需要两个拨弹轮进行供弹。考虑到尺寸及重量问题，计划将拨弹轮的鼓轮改为单层。

#### d. pitch 轴平衡

由于采用双枪管发射，pitch 轴的质量将很大且重心靠前，对 pitch 轴平衡的需求更大。

### 4) 侧驱哨兵底盘

21 赛季采用的传统小车底盘，由同步带将安装于上底盘的 3508 电机的扭矩传递至主动轴，驱动主动轮转动。同步带传动结构复杂、难以装配、需增加涨紧机构否则会出现滑齿问题，且整体重量过重，行动缓慢，同时在赛场上还出现了主动轴和轮打滑的问题。新赛季需考虑简化底盘结构，提升稳定性同时减轻底盘重量、缩减尺寸。采用聚氨酯包胶轮直连 3058 电机侧驱是可行的方案，研发侧驱哨兵底盘如下。

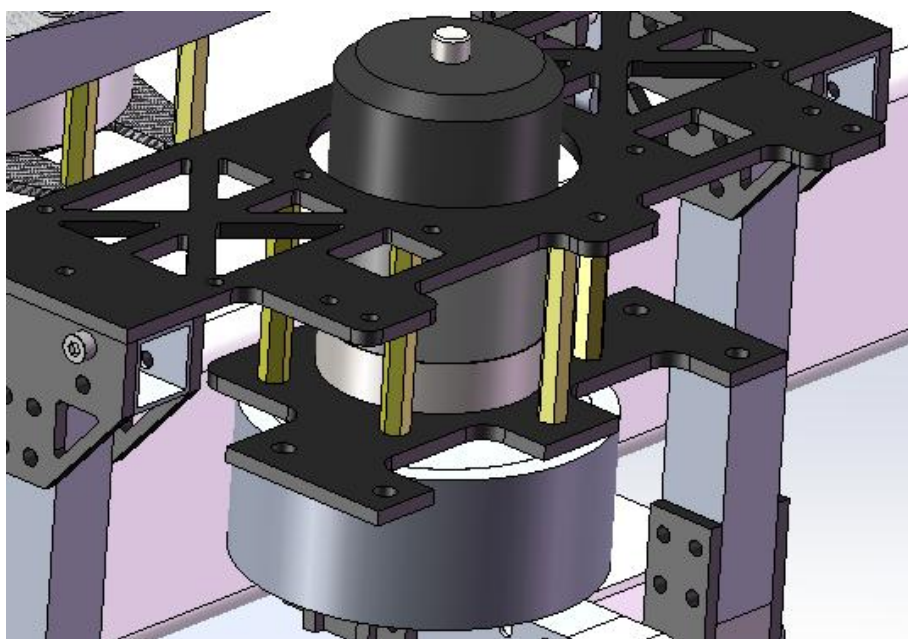


图 2-16 初版侧驱底盘预览



采用侧驱带来了与常规的哨兵截然不同的要求。侧置驱动轮需增加抱紧机构，保证底盘侧面抱紧导轨，否则驱动轮将打滑，无法正常工作，而常规的哨兵机器人仅通过自重即可保证主动轮压紧导轨，故侧面增加抱紧机构如下：

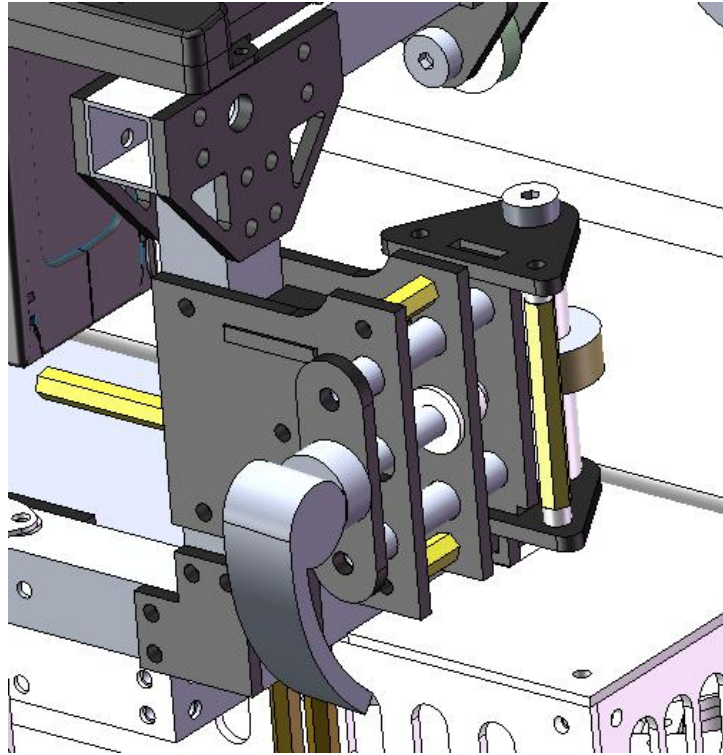


图 2-17 侧面抱紧机构

增设抱紧机构有另外好处，就是侧轮压紧力可调。理论上可以通过调试得出既能保证主动轮不打滑，又不至于导致摩擦力过大的最佳压紧力。初版模型已实现可调压紧力功能，但调整还不够精确，有待优化。

### 5) 哨兵动能回收装置

在 2020 赛季，我队哨兵机器人就采用双侧安置弹簧撞击轨道两侧柱子的结构回收哨兵在转向时损失的动能，以达到快速换向的目的。而在 21 赛季，上海交通大学蛟龙战队、中国石油大学铁人战队分别开源了哨兵快速换向机构，利用刹车片的结构，在换向时抱死轨道，将动能传递至弹簧中存储，无需撞击柱子即可随时快速换向，在此先感谢两队开源的技术资料。

分别分析开源方案，我们发现两个方案都是利用直线弹簧的形变存储能量，体积较大且较为笨重。对此我们想到使用发条的形式存储能量，利用刹车轮将能量传递至卷簧中储存，增设动能回收装置如下

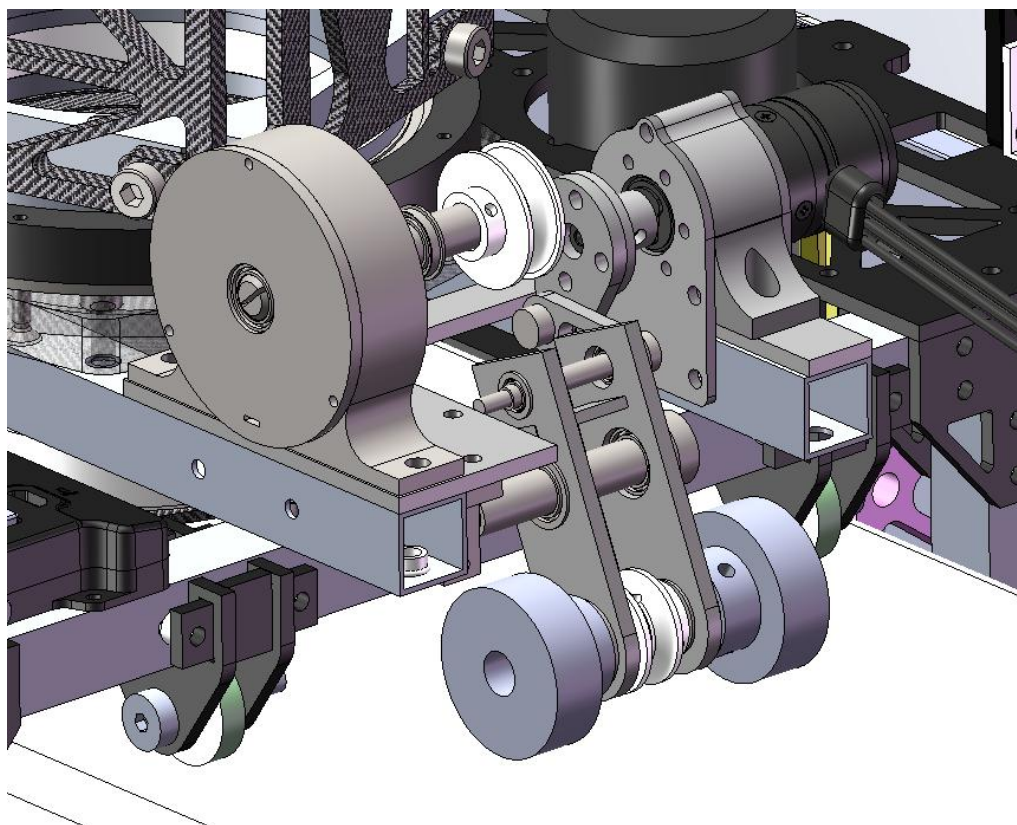


图 2-18 初版动能回收装置预览

目前采用线驱动形式将能量传递至卷簧中，由于钓鱼线强度不足、钢丝绳柔度不足、机构设计存在缺陷，效果很不理想。但思路没有大问题，后续考虑改用扭簧等形式存储能量，优化结构，增加稳定性。

## 2.3.2 嵌入式部分

### 2.3.2.1 嵌入式已具备部分

#### 1) 底盘功率控制

在 Robomaster 比赛中，机器人会装载持续监测机器人底盘功率的裁判系统，因此要求机器人要在一定限制的底盘功率下运动。同时由于机器人在运动中很难精准的控制顺势输出功率，为了避免因这种瞬时超功率导致的惩罚，设置了缓冲能量  $Z$ 。

为了让机器人在赛场上以不被惩罚扣血的前提下充分发挥自身的缓冲能量从而得到较高的速度和性能，我们在步兵和英雄代码中底盘控制添加了地盘功率限制。

首先在官方比赛规则手册中了解一下步兵英雄底盘功率扣血机制：

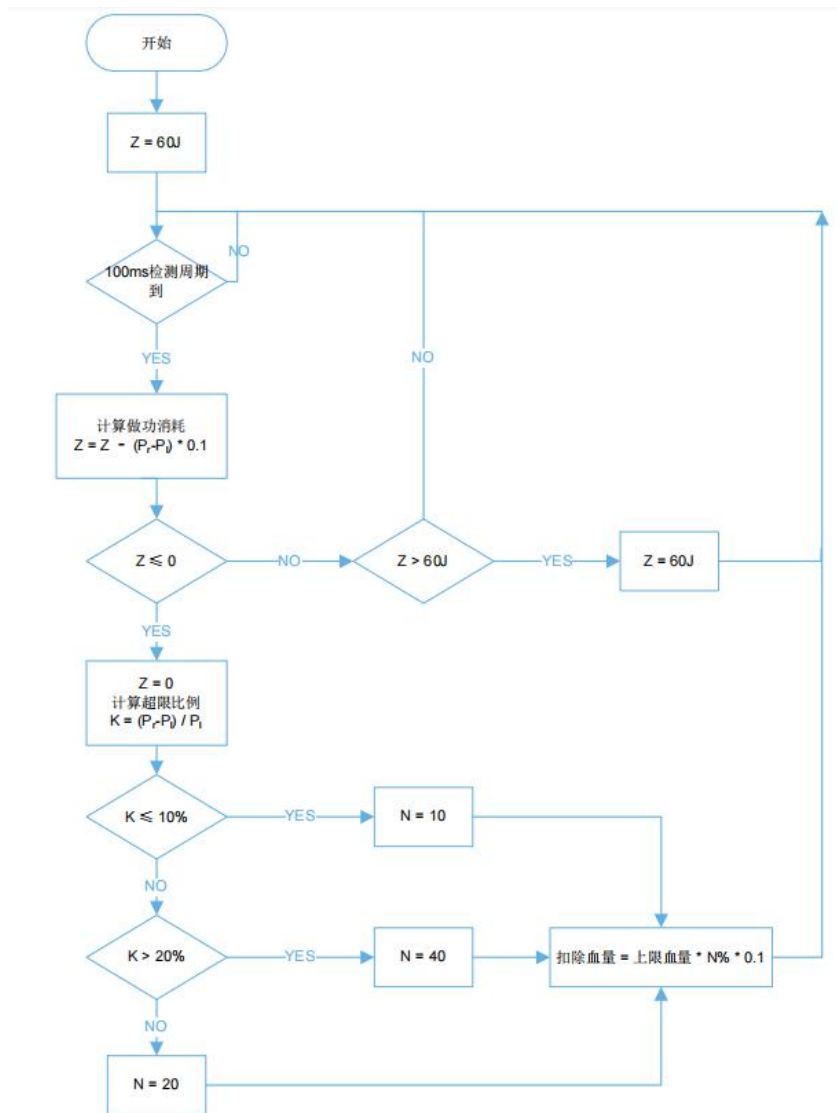


图 2-19 步兵机器人和英雄机器人底盘功率检测及扣血逻辑图（规则）

这时我们考虑到，对于底盘功率控制，重要的地方就在于对缓冲能量的使用，因为我们不能准确地让瞬时功率都处于限制之下，而且如果都让功率小于限制功率额度，那么从一定程度上讲我们浪费掉了缓冲能量这一“额外功率”。所以我们通过读取当前的缓冲能量，让底盘功率有一定的超限，当底盘功率超过限制额度时，缓冲能量会逐渐减少，此时我们减少加速度，对底盘功率的增长进行限制，最终达到一个稳定的峰值，这个峰值基本在当前等级的功率上限附近。

在代码实现的过程中，我们大致拟合一个缓冲能量和加速度的，对转速的增长进行限制，如果目标转速的增长超过当前计算的限制，那么将四个轮子转速增长进行等比例缩小，再通过 PID 算法进行控制电机转动，最终达到限制地盘功率的目标。具体的地盘功率限制逻辑图如下：

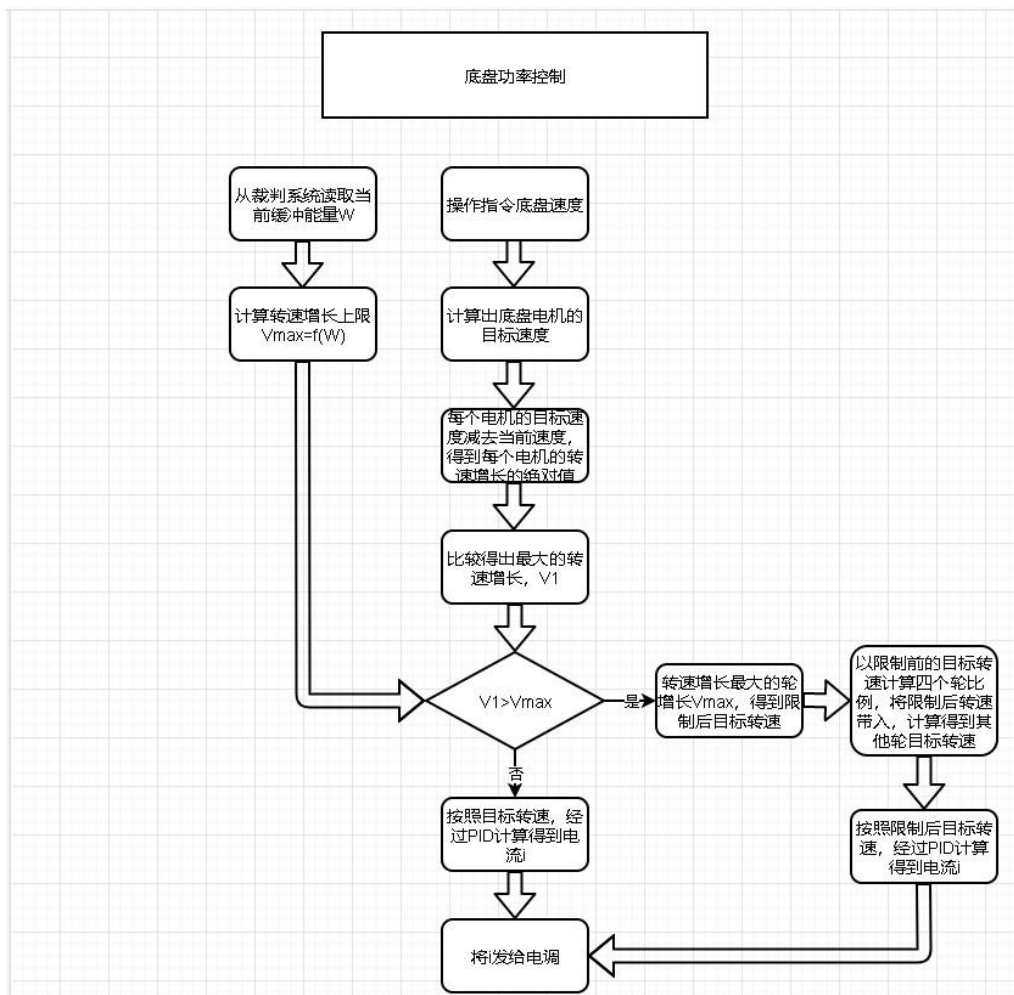


图 2-20 底盘功率限制流程

## 2) 卡弹退弹

由于机器人在比赛中需要进行打弹来进行击败敌人、取得胜利，所以机器人打弹是一个极其重要的而功能。一个不能打弹的机器人在赛场上只能被当作一个路障，因此影响机器人打弹的卡弹问题是急需要被解决的。

我们的机器人结构在测试中虽然几乎不会卡弹，但是还要考虑到一定小概率下的突发情况，而且我们无法完全模拟赛场的环境和情况，因此还要对卡弹问题做出处理。

这里考虑到我们正常的打弹是通过拨弹轮逆时针来实现的，因此可以判断当机器人处于发射状态时的拨弹轮状态来判断是否卡弹，如果此时拨弹轮不动，那么就已经是卡弹了。这时通过 PID 计算出可以把卡住的子弹拨出的力，发给拨弹轮，让其反转（顺时针转动），从而把拨弹轮里面的子弹退出。

### 2.3.2.2 嵌入式欲发展部分

#### 1) 系统辨识

在上赛季中，本队在进行机器人重要自由度（Yaw、Pitch、底盘跟随）的 PID 闭环调参时，大多依靠观察系统的时域响应，或仅凭借调参经验来进行。这不仅效率较低，也很难定量评估机器人的动态性能。在备赛调试期间，PID 调参往往会占据大量的电控调试时间，严重压缩了后续训练和代码优化的时间，这是本队在嵌入式技术部分亟需改进的环节。因此，本赛季中，拟引入系统辨识过程来优化调试环节，也可以更好的将课本上的理论知识学以致用。

目前，本队已参考 RM 论坛官方开源的系统辨识基础教程制定了适合本队的系统辨识流程和技术文档，并在旧款步兵机器人上进行了初步尝试，获得了很好的调参效果。此外，为了便于新队员迅速熟悉调试环节，感受调参效果，我们在 MATLAB 中建立了串级 PID 的 Simulink 模型，并基于该模型设计了调参 GUI 界面。



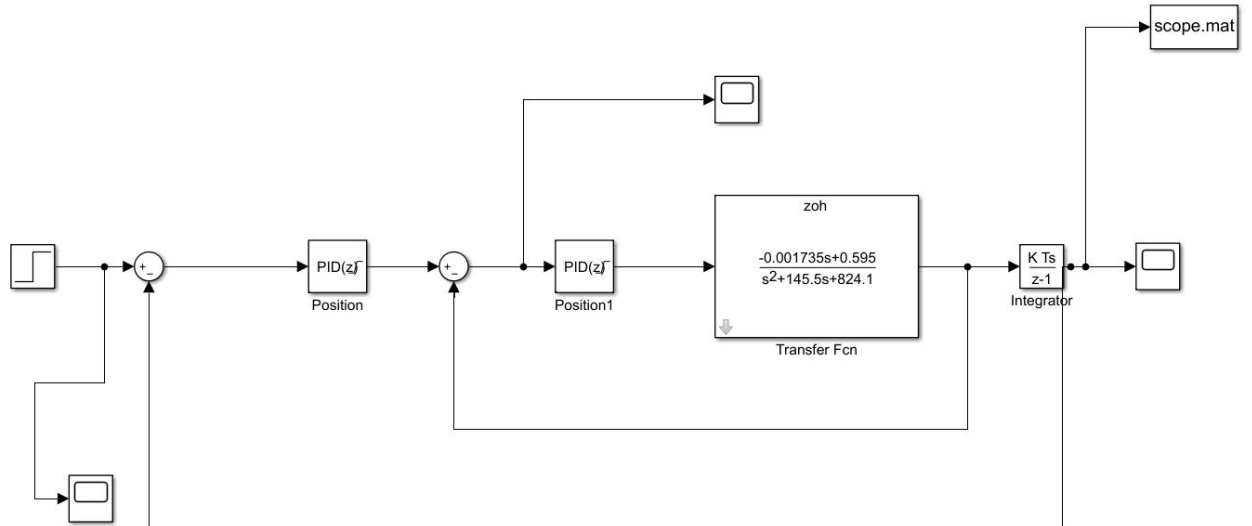


图 2-21 串级 PID Simulink 模型

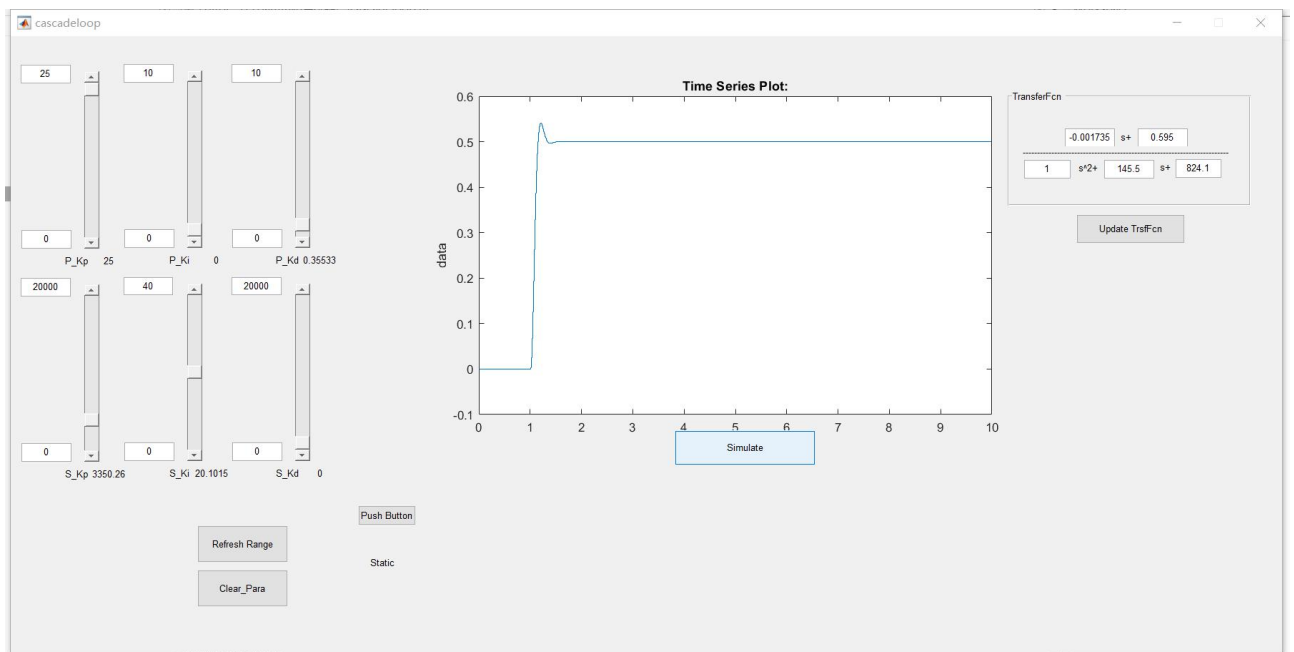


图 2-22 调参 GUI 界面

这样一来，在通过系统辨识实验得到机器人某环节的传递函数后，就可以在调参 GUI 中实时拖动串级六个 PID 参数，来观察曲线的变化趋势，从而为实际调参过程提供直观和高效的技术支撑。

目前，我们采用的是黑箱辨识方法。在本赛季中，我们会持续优化系统辨识实验过程，使辨识结果尽可能拟合实际系统。在获得了准确的传递函数后，我们可以进一步对系统的机械性能进行分析，为机械组的结构优化工作提供理论依据。

## 2) 闭环控制算法优化

在上赛季的嵌入式代码中，我们对机器人的闭环控制全部采用了经典控制理论中的 PID

控制方法，其中部分环节采用了串级 PID 进行控制。PID 是根据偏差的比例、积分、微分进行控制，是控制系统中应用最为广泛的一种控制规律，但也具备一定的局限性。我们已对 PID 算法进行了一部分优化，以使其适用于 RM 机器人系统。例如，引入抗积分饱和，以避免 PID 计算结果超出电调最大输出值；在对英雄机器人的拨弹轮电机进行控制时，由于下供弹弹链结构导致拨弹轮需具备较大的起动转矩，且需要保证绝对的单发控制，设置了较激进的  $K_p$  参数以保证迅速响应，并采用了带死区的 PID 算法，结合裁判系统信息，来使拨弹轮可以急停。

本赛季中，结合上文所述的系统辨识方法，我们可以更精确地根据机器人系统的模型调整 PID 优化算法，如引入不完全微分项，以改善微分项放大噪声而带来的高频干扰现象；或针对闭环传递函数设计补偿器，来改善系统动态响应，等等。

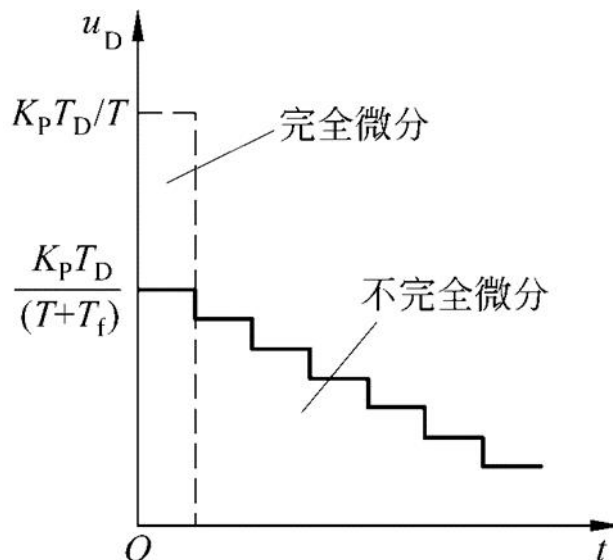


图 2-23 PID 优化方法

此外，拟展开对自抗扰控制算法（ADRC）的理论研究和应用实验，探索进一步提高机器人自控的鲁棒性的可能。

### 3) RTOS 操作系统

上赛季各兵种（除哨兵机器人外）的嵌入式代码均源自同一套底层代码，虽然保证了一定的通用性和易读性，但该套代码底层采用了裸机环境下实现的时间片轮询编程，代码的稳定性和效率与目前主流的基于 RTOS 的战队开源代码、官方开源代码相比具有一定差距，具备较大提升空间。本赛季中，拟对全队嵌入式代码进行架构升级，引入 FreeRTOS 系统。目前，本队已经基于 CubeMX，并借鉴官方开源代码分别配置了 RM 开发板 A 型和 C 型的 FreeRTOS 底层代码，并重构了步兵机器人的功能函数，目前进展比较顺利。

在本赛季的后续科研中，我们会继续完善基于 RTOS 的代码，主要任务包括：完善功能函数的重构，如与视觉 NUC 的通信、裁判系统 UI 绘制等；引入消息队列等 RTOS 功能以优化代码执行时序；借鉴官方开源代码的撰写模式（如对底盘控制模式的定义），形成可以模块化的功能函数，便于技术留存与不同兵种之间的代码迁移。

#### 4) 自瞄视控功能重配置

在本队往届赛季的技术架构中，自瞄的主体功能（自主识别、云台姿态调整）几乎全部由视觉组完成。部署了自瞄程序的 NUC 会将希望瞄准目标与云台当前姿态（Yaw、Pitch）的差值以串口通信的方式传输给核心控制板，然后驱动云台电机运动进行瞄准。然而，为了精准打击运动中的目标，不仅需要能够识别目标的位置，还要能够预测目标的运动规律，这样才能计算提前量进行预瞄准。引入运动预测算法（如卡尔曼滤波等）会在一定程度上影响 NUC 的视觉识别帧率，本赛季中，拟考虑与视觉组开展联合技术研发，探讨视控功能的配置策略，例如把数据滤波与弹道预测计算等功能函数移植到核心控制板上，从而把 NUC 的算力完全用在目标识别上，进一步提高识别准确度和识别帧率。

#### 5) 工程一键抓取

此部分在 2.2.1 的“工程一键抓取”中已做详细介绍，将放在本赛季着重研发。

#### 6) 矿石辨识

对于工程机器人而言，高效使用视觉系统，协助操作手对齐抓取机构，抓取矿石，是非常重要的。

本赛季我们计划采用 PIXY2 摄像头，完成对矿石的视觉识别。PIXY2 基于特定的颜色设定进行识别，能够在 320\*240 分辨率下实现 60fps 的稳定颜色识别，并可以同时识别金矿和银矿，同时支持基本的摄像头亮度，曝光，颜色饱和度等参数调节，使用标准串口与工程控制板通信，传输矿石类别，中心点坐标，所见区域大小等关键信息。

针对视觉识别得到的信息，程序将协助工程操作手微调底盘位置，判断矿石的抓取时机，自动完成抓取动作，这将极大提高工程机器人的抓矿效率。

#### 7) 风车模型

比赛中，步兵机器人可以在规定的范围内击打赛场中间的能量机关（也就是风车），根据能量机关的转速模式有“大能量机关”、“小能量机关”之分，能量机关的区分如下：

- 小能量机关的转速固定为 10RPM。比赛开始一分钟后至第三分钟（即倒计时



5:59-4:00)，能量机关开始旋转，进入可激活状态。一方机器人成功激活小能量机关后，该方所有机器人获得 1.5 倍攻击力增益。

·大能量机关转速按照三角函数呈周期性变化。速度目标函数为： $spd=0.785*\sin(1.884*t)+1.305$ ，其中  $spd$  的单位为  $rad/s$ ， $t$  的单位为  $s$ ，且每次大能量机关进入可激活状态时， $t$  重置为零。大能量机关会在进入可激活状态前 10s 开始旋转，其实际转速与速度目标函数的时间误差在 500ms 内。比赛开始四分钟后（即倒计时 2:59），能量机关开始旋转，进入可激活状态。一方机器人激活大能量机关后，该方所有机器人获得 2 倍攻击力增益与 50%防御增益。

为了在我们自己的场地内可以练习击打能量机关同时调整 PID，我们准备自己搭建能量机关。

官方所示的能量机关的激活状态如下：

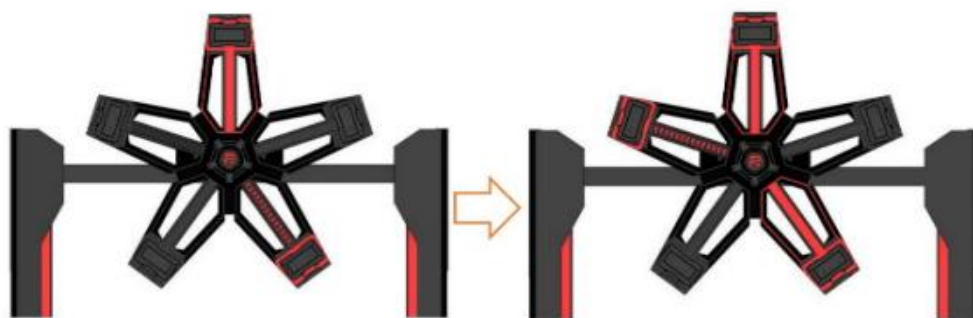


图 3-9 能量机关正在激活状态示意图

图 2-24 能量机关激活示意图（官方规则手册）

能量机关的架构：风车分为扇面与驱动两部分，扇面采用铝管拼接为框架制成，驱动采用 M3508 电机配合滑环组成。上部分和下部分的边框使用 LED 灯条实现亮灭，中间的箭头使用点阵来实现。

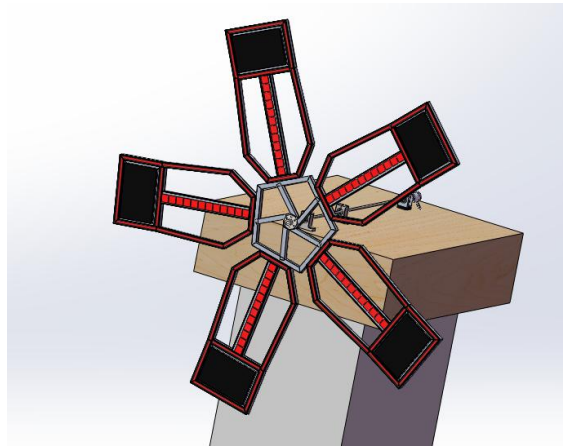


图 2-25 风车机械结构

**LED 亮灯编写：**对于边框的 LED 亮灭，欲使用 ws2812b 灯珠，然后使用 stm32f1 最小开发板的 GPIO 口控制亮灭。对于箭头 LED，欲使用 max7219 点阵，也使用 stm32f1 最小开发板的 GPIO 口控制亮灭。整个控制逻辑如下：

a)风车共有五个扇叶，每个扇叶上的 LED 灯由顶部 LED 灯条（围成矩形），中间点阵流水灯以及两侧 LED 灯条三部分组成。

b)当风车开始转动，每隔一定时间，随机一个未被判定击中的扇叶顶部 LED 矩形灯条常亮，中间点阵呈流水灯形态，两侧 LED 灯条处于熄灭状态（称为状态 1），其余未被击中扇叶上的 LED 灯处于熄灭状态。每隔一段时间变换一次。

c)当某一处于状态 1 的扇叶被判定击中时，该扇叶上的 LED 灯呈现出顶部 LED 矩形灯条常亮，中间点阵常亮，两侧 LED 灯条也呈现常亮状态（称为状态 2）。

d)当该风车的五个扇叶中还存在未被击中的扇叶时，被击中的扇叶一直保持状态 2，而未被击中的扇叶每隔一段时间随机选择一个扇叶呈现状态 1，其余扇叶上的 LED 灯处于熄灭状态。

e)当五个扇叶都被击中时，所有扇叶上的 LED 灯均处于闪烁状态，闪烁一定时间后，恢复全灭状态。所有扇叶被打击状态均初始化。

f)重复步骤 bcde。

灯条控制逻辑流程图如下：

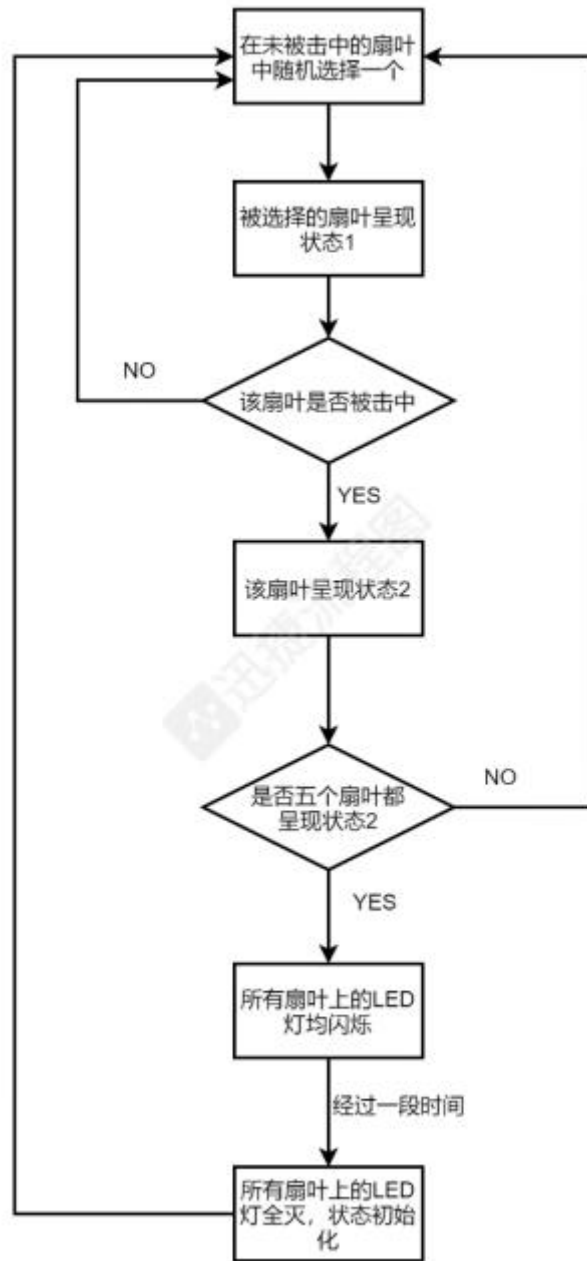


图 2-26 灯条控制流程图

## 2.3.3 硬件部分

### 2.3.3.1 硬件已具备部分

#### 1) 超级电容的制作

根据 RM 硬件组在上一赛季留下的相关资料，硬件组目前的成员可以完成超级电容的制作过程以及自调过程。制作方面包括使用钢网进行锡膏涂抹，在对应位置上将相应元件贴片，通过热风回流焊机对 PCB 板进行烘烤焊接，以及最后 PCB 成品的检测。自调方面包括对超级电容功能的测试，充放电过程调试，在上位机进行数据读取与显示等。

#### 2) 假装甲板的制作

假装甲板用于视觉组进行视觉学习训练。根据现有资料，硬件组可以制作出需要的功能模块以供视觉组使用。

#### 3) PCB 设计软件的使用

硬件组目前已经学习了 PCB 设计软件 Altium Design 的使用，组员能够设计出简单的 PCB 电路板，并且根据 PCB 文件可以导出加工图纸供制造商生产。

#### 4) PCB 制作方面的动手操作能力

硬件组目前掌握了基础的硬件制作相关动手操作能力，可对线缆或元件进行焊接，热缩管包线，贴片元件的识别与归纳等。

### 2.3.3.2 硬件欲发展部分

#### 1) 超级电容的改进

硬件组希望在之后的工作中能够更加深入地掌握超级电容的工作原理，并对其进行所需要的改进，使超级电容更加可靠、小巧、轻量化，满足赛场的使用要求。此外需掌握超级电容的联调技术，在引入裁判系统后，能够对超级电容的状态做到所需的控制。

#### 2) 贴片机的学习使用

如果硬件组可以获得贴片机等设备的赞助支持，将极大地提高队员制作超级电容等板子的效率和准确性。队员可以把更多的精力投入在 PCB 板子的设计开发工作中，这有助于硬件组水平的进步。

#### 3) 自研核心板

在使用开发板 C 板与 A 板的过程中，我们已经积累了很多经验，并欲自研一款专门用于机器人竞赛的开发板，使之更加贴合队伍的使用习惯和调试习惯，硬件组在研制开发板过程中也可以为 PCB 制作积累更扎实的经验。

## 2.3.4 视觉部分

### 2.3.4.1 视觉欲发展部分

#### 1) 机械臂

我们需要通过机械臂的方式来抓取资源岛的矿石，并高效地旋转矿石的位姿以迅速识别上面的条形码。那么就需要实现以下工作：

①矿石的特征提取。根据矿石的特征，通过图像识别算法（yolov5/yolovx），在 RGB 图上框出他的大致位置。

②矿石三维坐标的获取。通过深度相机我们可以获得世界的点云图像，然后将特征框中的深度数据送入抓取点规划模型以适应不同角度姿态的矿石，得到矿石在机械臂坐标系下的三维位置及最佳的规划抓取位置。

③机械臂的运动规划。我们把最佳的规划抓取位置的三维坐标传回，通过 3 自由度机械臂的运动规划，可以获得各个舵机需要转动的角度，结合末端执行器的控制最终实现矿石的抓取。

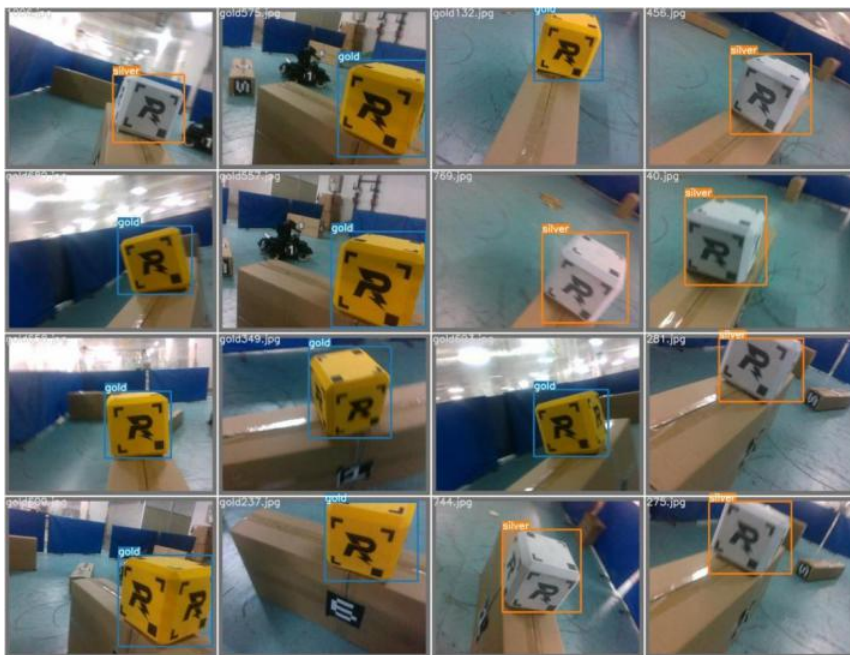


图 2-27 图像识别算法 yolov5 对于金银矿石的识别训练

机械臂技术路线：

使用深度相机获取目标图像，通过图像识别算法（yolov5/yolovx）框选目标矿石，通过抓取点规划 dex-net 得到较为准确的抓取点三维坐标，使用 ROS 提供的 MoveIt 及 IKfast 逆运动学结算器完成运动规划，结合末端执行器的控制，实现机械臂自主抓取。

机械臂 MoveIt 运动学规划：

使用 ROS 提供的 MoveIt 及 IKfast 逆运动学结算器完成运动规划，先在可视化工具 rviz 中显示三维模型，在 gazebo 仿真器中添加传感器模型进行抓取仿真，再结合真实机械臂进行矿石抓取。

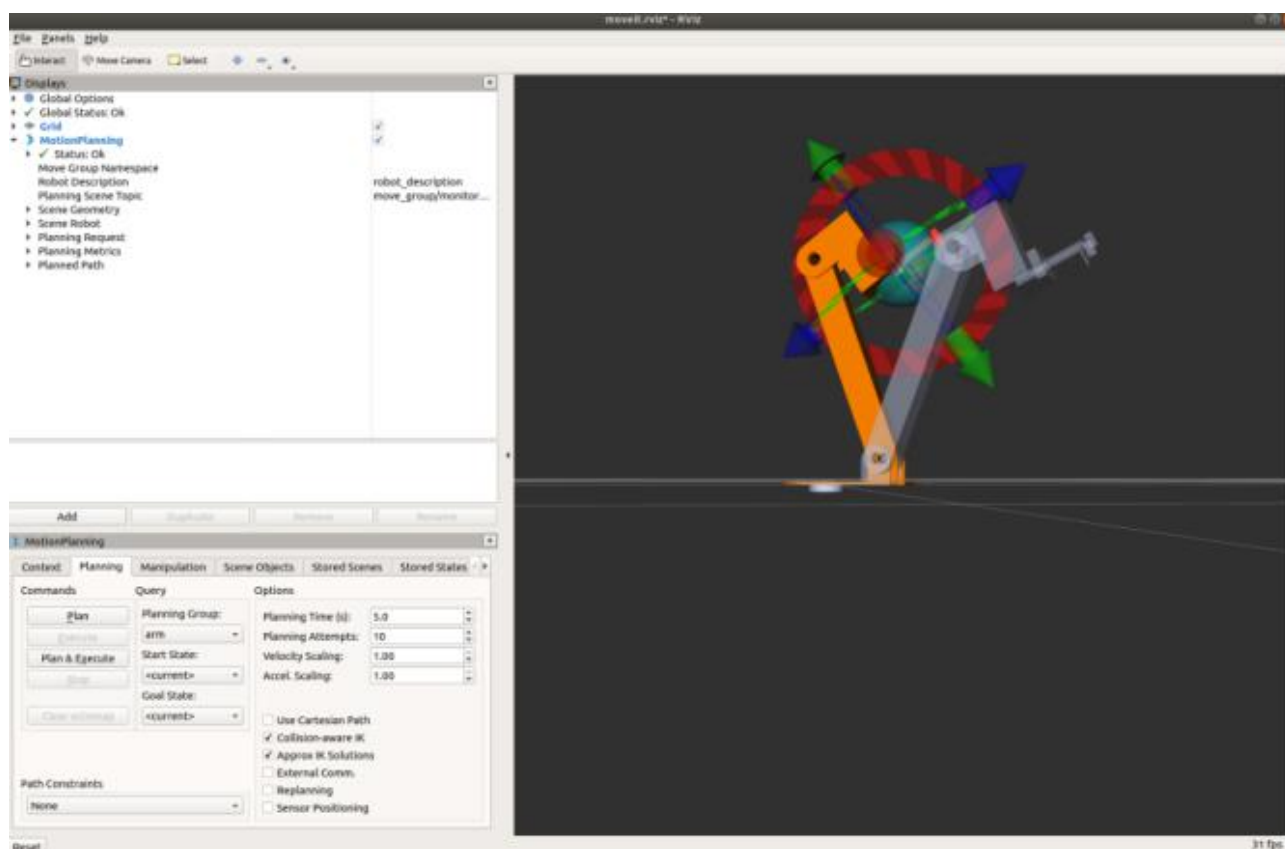


图 2-28 机械臂运动学规划

为了更准确的得到不同角度姿态矿石的最佳抓取点，拟进行抓取点规划，对得到的抓取目标的三维点云数据进行处理。



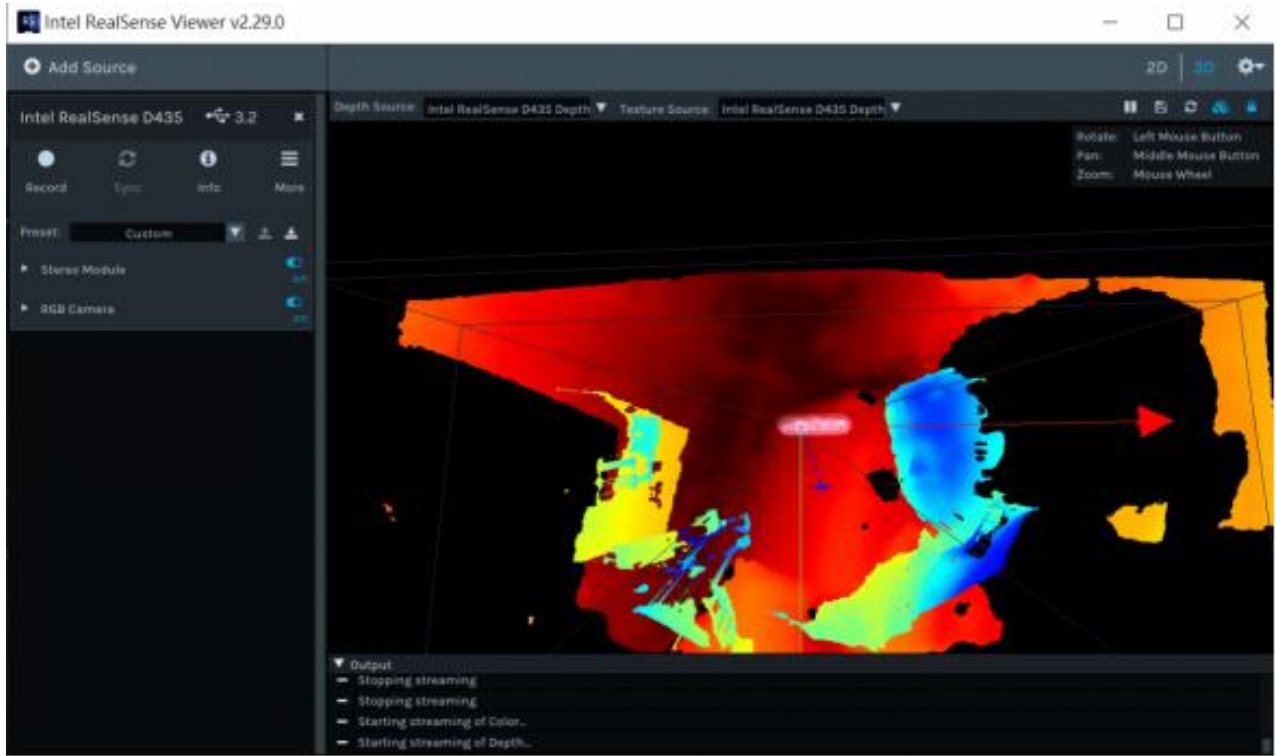


图 2-29 通过深度相机获取矿石的三维坐标

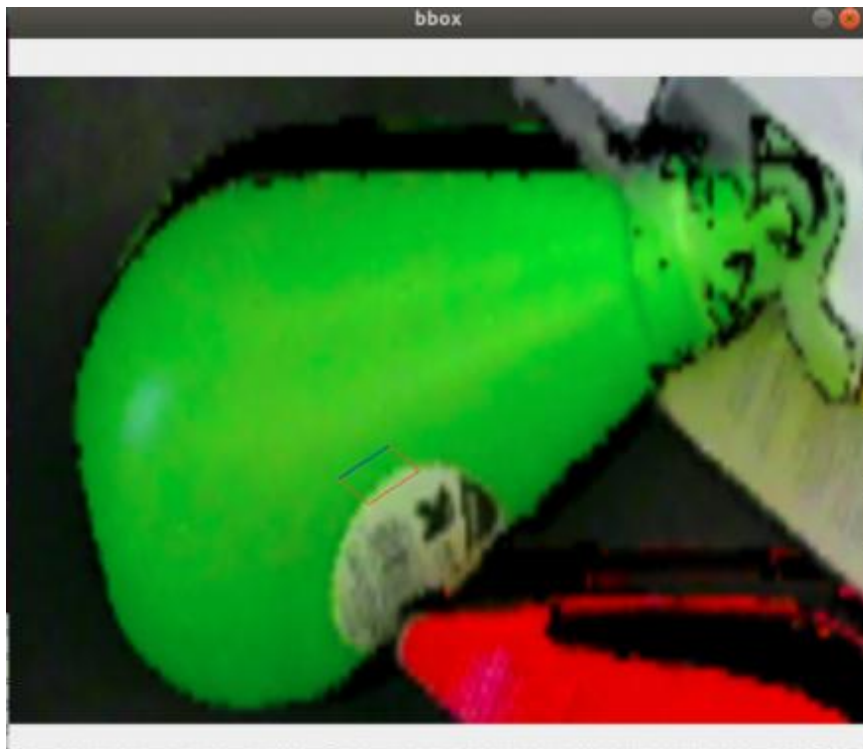


图 2-30 抓取点规划 dex-net

## 2) 自瞄系统优化

为增加自瞄的稳定性和准确性，需要在原有基础上对自瞄进行优化。视觉方面，需要增加检测速率，检测精度，并提高数据传输的稳定性。我们目前的方向是改善迭代之前的老代



码，同时解决了原代码内存泄露的问题。同时我们采用了新的算法大大提升了算法的判断时间。基于视觉角度来讲，现在的代码已经比较完善。为了增加击打成功率，还需增加运动预测功能。当然这需要很多的数据采集工作。电控方面，需要提升云台响应速率，用时进行合理的 pid 值设置，并且使稳定位置精确且反馈迅速，达到”指哪打哪”的效果。

现如今，我们需要达到的最基础三个目标：

1. 实现对敌方机器人装甲板的目标识别与跟踪。
2. 实现对目标三维坐标的获取，距离与偏转角度的测量，并进行弹道修正。
3. 实现目标的运动预测。

当然要系统而且有效地完成自瞄系统的优化并不是一个简单的过程。整个系统的优化需要电控视觉和机械的三方联调。很多时候视觉的代码优化只能保证目标值大致正确，但是发射以及射击的准确性和电控机械息息相关。因此我们目前采取的措施是三方尽量紧密地合作调整，而不是各自为战，以达到一个比较好而且统一的改善效果和项目进度。如果能在规定时间完成初步的技术任务，那视觉组可以考虑进行技术积累，来对后面的视觉发展打下坚实的基础。同时，我们的目标是尽量采集比较多的有效数据来建成有效模型，来为将来的视觉打下基础。

英雄机器人自瞄系统基本与步兵机器人采用的算法一致，但是团队在想办法进行远距离的吊射识别优化。现考虑更换摄像头以及优化代码，现如今英雄的远距离吊射能力显得尤为重要。

哨兵机器人采用的算法也和步兵基本一致，但是团队的目标是实现数字识别，来避免对于工程机器人的无效输出。因为哨兵的子弹数量有限，因此对于有效目标的检索显得尤为重要。

自瞄系统优化当今遇到的困难：

1. 自瞄系统的老代码采用的语法较为复杂，因此代码维护难度较高。
2. 新队员的动手能力有待提高，所以需要寒假的集训进行培训，来对代码进行进一步优化。
3. 和电控组联调的时间协调。电控组的代码落实和视觉代码的更新很多时候不能同步，因此视觉代码有时候不能及时进行上机测试以及修改。
4. 摄像头在低光线下的场地识别问题。

## 3. 团队建设

### 3.1 团队架构设计

表 3-1 团队基本职位分类与职责

职位	分类	角色	职责职能描述	招募方向/人员要求
指导老师			团队总负责人，负责团队建设和管理。	熟知队内核心管理事务；在相关事务上能与学校有效沟通。
顾问			由老队员、在职工程师等担任，为队伍提供战略、技术、管理等指导与支持。	现任或退役老队员；对队内 1~2 个技术组较为熟悉；在队内重大决策上提供指导。
正式队员	管理层	队长	战队最核心的成员。与 RoboMaster 组委会沟通的主要对接人。负责人员分工、统筹以及比赛期间的战术安排、调整。	由上一届技术组长担任；熟知队伍内部及外联事务；熟知队内 1~2 个技术方向；具备一定抗压能力及危机处置能力。
		项目管理	总管战队内部事务。职责包括战队事务协调和管理、制定和执行项目计划、进度跟踪；战队关键技术文档及重要资料维护管理；战队内部团队氛围及人际关系处理。	由上一届技术组长或战队核心成员担任；熟知队内技术研发进度；熟知项目完整流程；熟知 1~2 个技术方向；有一定的抗压能力、危机处置能力及人际关系处理能力
	技术执行	机械 组长	机械组日常管理和任务实施；机器人所有机械结构的目标制定；机械方案的总规划和审核；机械相关技术文档的编写。	由上一届技术组长或核心组员担任；熟练使用 SolidWorks 进行机器人结构设计、装配及测试；熟知组内目前技术研发方向；协助项目管理进行研发进度管理；具备一定的人际关系处理能力。
机械 组员		机械组项目开发，包括机器人结构建模、零部件受力仿真及轻量化设计；机器人机械结构搭建、	熟练使用 SolidWorks 进行三维建模；初步具备独立设计机械模块的能力；可根据现有模型或实物确定	

职位	分类	角色	职责职能描述	招募方向/人员要求
			测试与迭代；配合电控进行整车测试与改进。	项目迭代方向并进行项目迭代。
		电控 组长	电控组日常管理和任务实施；分配组内任务；协调组员关系；审核项目方案，监督项目实施；主管组内资产；战队机器人装置电气控制、软件编程、硬件平台开发，提供技术方面的辅助与支持。	由上一届技术组长或核心组员担任；熟知组内技术研发方向；协助项目管理进行研发进度管理；具备一定的人际关系处理能力。
		电控 组员	编写、维护队内战车代码；机器人整车电气布置；硬件平台开发；制作稳定的超级电容并负责调试；队内部分硬件模块定制与开发。	熟练使用 keil 等软件进行项目开发；具有优秀自学能力与团队合作能力；熟悉 PCB 设计原理和相关绘制软件。
		视觉 组长	视觉组日常管理和任务实施；战车视觉相关算法的研发测试与部署，负责视觉组成员的组织和培训。	由上一届技术组长或核心组员担任；熟知组内技术研发方向；可进行视觉相关算法的研发测试与部署；协助项目管理进行研发进度管理；具备一定的人际关系处理能力。
		视觉 组员	战车视觉算法研发编写及维护，配合电控进行代码部署及测试。	熟悉 C++/Linux、机器视觉；了解机器学习、目标识别；了解自动控制、嵌入式。
	运营执行	宣传经理	战队及 RM 相关项目的宣传推广负责人，负责整合战队宣传资源，建立完善的宣传体系，提高战队的影响力；整合战队内外部资源，撰写完善的招商方案，为战队提供技术支持、资金赞助等	熟悉 PS、PR 的运用；有平面设计能力及文字功底；有视频策划、制作能力；有媒介平台运营经验。
		财务	负责战队财务申报、日常流水管	熟悉学校财务报销流程；能制定并

职位	分类	角色	职责职能描述	招募方向/人员要求
			理、物资出纳、采购、协调、汇总，负责实验室的日常管理。	监督执行战队财务管理体系；积极参与战队财务事宜讨论，并参与制定赛季预算计划。

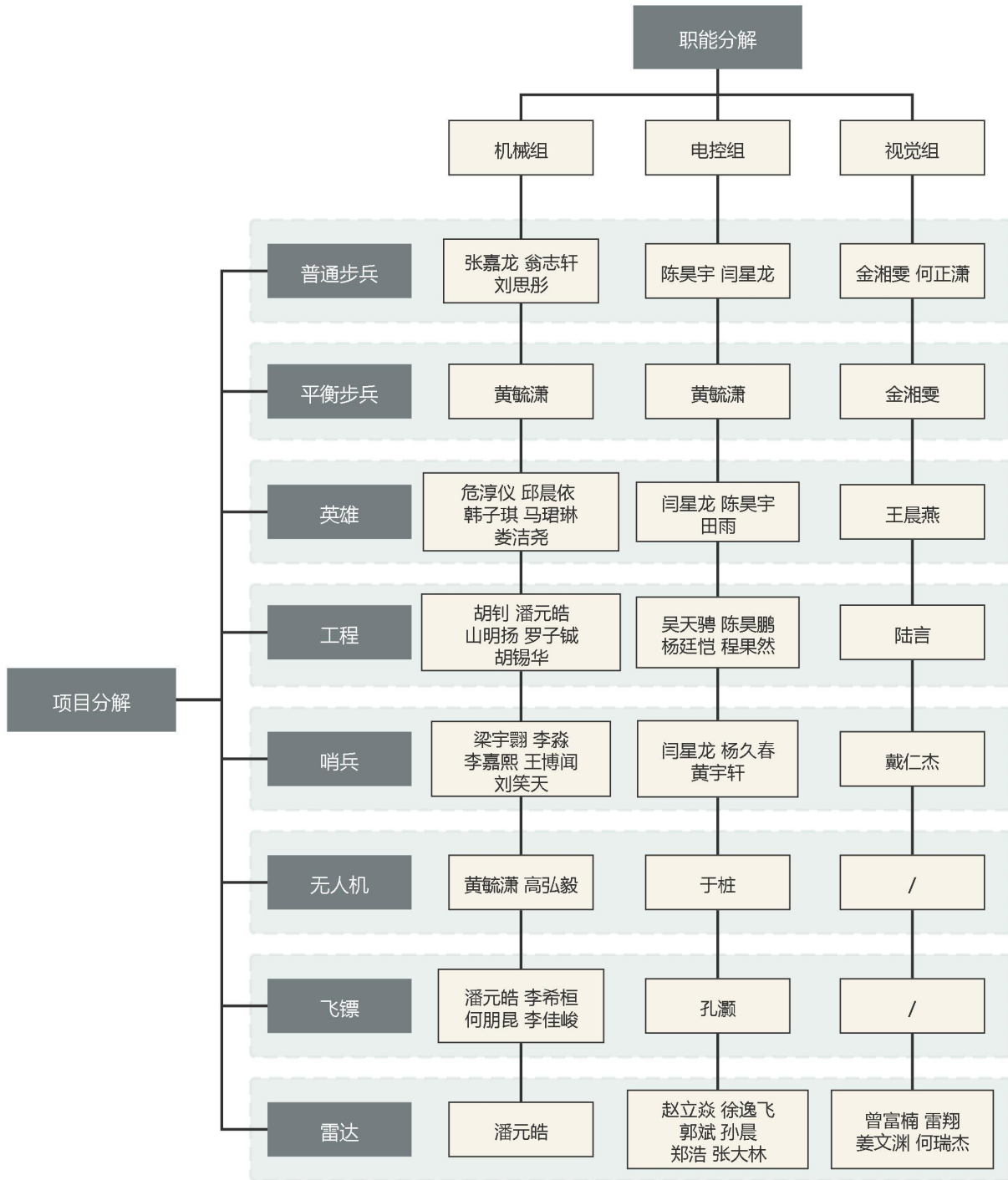


图 3-1 团队项目-技术矩阵组织结构图

## 3.2 团队组建计划

由老队员为队伍骨干，新队员为主体，形成一支坚韧、高效的队伍。

### 3.2.1 重分配老队员

我们认为作为一支参加技术性比赛的队伍，管理组的同学首先必须是一名优秀的且有参赛经验的技术骨干，一个不懂技术也不了解比赛的管理人员没有办法在压力下做出准确的决断。因此我们会选用经验较为丰富的老队员担任新的管理组成员和关键技术负责人。

在管理能力上，老队员往往有多年参赛经验，熟悉赛季流程、队伍情况，对于队内关键事务可以给出合理且周全的建议。其执行力较高，可以有效地调动队内各类零散资源完成队伍布置的任务。同时将老队员分派至关键岗位还可以提升队伍凝聚力，引领、激励新队员投入比赛。在技术上，都可以独当一面，不仅掌握所属技术组的平常技术，很多人还曾参与研发队内的关键技术，即使在缺少人手的情况下仍可以独立地保证兵种组或者项目组的进度。这批同时具备技术和管理能力的队员随时能成为队内一项新技术的中心节点。

### 3.2.2 招募新队员

参照上一赛季的队员留存率、相对水平以及目前的宣传能力重新调整了招新计划。招新目标控制在 100 人左右，同时加大招新宣传力度，具体体现为扩大宣传渠道和拉长招新持续时间。考虑到疫情，曝光度、场地申请、天气等诸多实际问题。我们将新赛季招新分为两个部分：线上招新及线上线下融合招新。线上招新部分主要依靠学院和老队员在暑期间对推送进行推广，由于宣传实际效果、传播效果和转化效率比较有限，战队公众号推送发布后一周约吸引 56 人入群咨询，不满足招新目标，符合预期。

于是按计划在开学后第二周组织了连续一周的线上线下融合招新。包括于人流量较多的时间段和地点进行线下机器人展示（已报备），在公告栏张贴招新海报，并辅以招新推送、抽奖活动和新生群内的宣传。至开展招新宣讲会，共吸引不少于 60 人入群咨询。最终报名人数为 97 人，基本完成招新目标。

完整招新计划参见下表：

表 3-2 招新计划

时间	事项	活动内容及成果
2021 / 07 / 20	招新相关事宜线上讨论会	• 会议纪要 * 1

时间	事项	活动内容及成果
2021 / 08 / 10	发布线上招新推送	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 推送 * 1 (阅读量 787)</li> <li>• 建立咨询群 * 1</li> </ul>
2021 / 09 / 07	开始线下招新预热	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 张贴海报若干</li> <li>• 通过学院渠道发布消息</li> </ul>
2021 / 09 / 12	开始线下招新	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 推送 * 1 (阅读量 706)</li> <li>• 机器人实地展示及分组发放传单</li> <li>• 抽奖活动 * 1 (使用 DJI 提供物资)</li> </ul>
2021 / 09 / 17	招新宣讲会	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 总结推送 1</li> </ul>
---- 至今	优秀同学补录	

## 3.3 团队培训计划

### 3.3.1 流程阐述

所有新队员入队后，进入各技术组参加为期 3 周的统一培训，内容为各组基本工具培训和基础知识，最后参加校内赛。根据校内赛综合成绩进行录用，筛去约 40% 的新队员。随后各技术组进行深入培训，时间长度由各组自行安排，但不超过 5 周。在上一阶段结束后，每一个新队员都会分配到更细分的项目组中，并由各项目组长进行细分技术的培训。

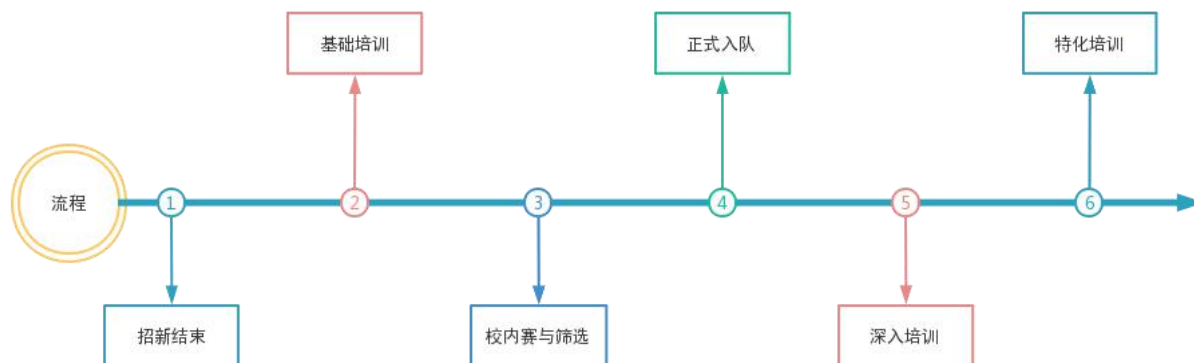


图 3-2 培训流程



### 3.3.2 培训目标

#### (1) 机械组：

- 1) 机械制图能力：培养三维空间感和细节把握能力，培养观察的敏锐程度。
- 2) 常见机械认知：主要了解可能用到的常见机构的组成及功能特点与运用。
- 3) SW 基本操作：主要了解 solidworks 的常用操作与使用规范。
- 4) SW 基本读图：主要对往年现有机构的零件和装配图进行认知与结构分析。
- 5) SW 建模抄绘：根据现有二维图纸建立三维模型并装配成一整体。
- 6) 常用加工方法认知：主要了解各加工方法的特点及适用范围。
- 7) 基本设计原则：在设计时需要注意的事项及如何从构想转变为设计。
- 8) 自主设计制造：给定一主题目标（通常为某一比赛主题），自主设计制造参赛。

#### (2) 电控组：

- 1) 嵌入式编程能力：熟练掌握 C 语言，能够编写典型的 C 语言风格代码。
- 2) 掌握嵌入式系统结构：熟练理解嵌入式系统理念，掌握实时系统相关概念。
- 3) 掌握元器件使用：具有电子电路基础知识，熟悉常见电子元器件和官方物资，并掌握其使用方法，能够查看原理图和元器件手册。
- 4) 掌握常见通信协议：熟悉常见的通信协议，能够针对元器件选择合适协议。
- 5) 硬件开发能力：具有一定的电子电路设计和制作能力，会调试和分析分析问题。
- 6) 掌握常见算法：对常见控制算法、滤波算法、通信算法、运动规划算法、编程基本算法等具有一定认知程度，能够对算法进行优化改进。
- 7) 调试技能技巧：能够对车辆问题进行分析，知道解决方法或者找到解决方法的方法，能够最终排除问题。
- 8) 系统工程思想：对项目具有整体性认识，会使用 Git 等项目管理工具进行协助开发，对机器人单位的各个非电控部分也具有一定认识。

#### (3) 硬件组：

- 1) 定制与开发部分硬件模块（如与车体匹配的分线板，部分传感器模块等）。
- 2) 掌握队内的超级电容技术，并针对其稳定性进行优化。

3) 能开发符合队内需求的核心板。

#### (4) 视觉组:

- 1) 编程能力: 能熟练使用 c++编写程序, 对代码规范有一定的理解, 可以输出系统日志。
- 2) 算法能力: 熟悉计算机视觉的基本算法和其使用场景, 并能使用 opencv 进行调用。
- 3) Linux 的使用: 熟悉 ubuntu 系统的使用, 能在 ubuntu 下修改、编译、执行代码, 可以编写 ubuntu 内程序的自启与进程守护。
- 4) 运动模型的掌握: 能选择合适的跟踪、预测方法。

### 3.3.3 培训计划

机械组招新后集体培训计划如下:

表 3-3 培训计划样板 (机械组)

日期	安排	时间	培训人
2021.09.19	SolidWorks 基本操作讲解、机器人介绍	19:00-20:00	潘元皓
2021.09.21	常用标准件	19:00-20:00	张嘉龙
2021.09.24	常用加工方法	14:00-15:00	李佳峻
2021.10.19	装配规范及装置装拆训练	15:00-17:00	张嘉龙
2021.10.22	需求、材料、制造、装配、成本导向及可靠性设计	19:30-20:30	山明扬

集体培训结束后, 各技术组以对应项目组为单位进行与项目相关的特化培训, 培训事宜由项目组负责人安排。

## 3.4 团队文化建设计划

战队会根据工作进展状况, 每月组织召开一次全员大会, 为战队成员和指导老师以及各组之间提供技术交流和工作的平台, 并会邀请老队员来向新队员讲述他们与战队以及 RM 比赛之间的故事, 使新成员在战队中能够更明确自己的努力方向, 战队的优良传统得以传承。

此外, 本赛季战队将加强队内团建和宣传工作。我们不定期会举行比较活泼的团建活动,

通过聚餐、聚会等形式增进战队成员间的交流，提升战队的凝聚力，也使大家紧绷的神经得以放松。与此同时，战队本赛季计划增大对于宣传工作的投入，主攻 B 站及公众号平台。我们相信每一次宣传都是一次提升凝聚力、扩大影响力的绝好机会。通过网络平台发布战队工作日常、工作成绩以及活动开展，不仅使战队形象更加立体地树立在人们心中，更可以增强队员的参与感和团队感。

今年我们也会增加塑造战队形象的投入。首先首次制作了队伍动态图标并更换了新队标，增强队伍士气。并在寒假期间计划设计新的队服，在保证日常穿搭的前提下增加其功能性。周边也在后续计划中，一份好的周边不仅能提升战队形象，而且还可能为招商提供转机。为了提升校内外知名度，我们也会参与学校或者学院组织的各类科技活动、各类科技比赛中。这一系列行动都可以使同济大学 SuperPower 战队更多地出现在大家的视野当中，增加战队知名度，提升战队的整体荣誉感和士气。

关于战队传承方面，我们使用飞书云文档作为队内资料共享平台，将队内历年资料分门别类的整理好，一届一届的传承下去。另外也建立了战队顾问群聊，邀请已毕业的优秀老队员作为战队顾问，队员遇到的问题将由项管汇总好之后统一发送至群里，由顾问一一解答。

## 4. 基础建设

### 4.1 可用资源分析

表 4-1 可用资源分析

类别	名称	数额	单位	初步使用计划
基础经费	学校/学院经费支持	15	万元	用于购买设备、工具、耗材等物资；用于实验室管理。
	指导老师支持	2	万元	用于购买高价值设备
设备工具	激光雕刻机	1	台	切割木板和亚克力，制作周边
	雕铣机	1	台	切割玻璃纤维板
	台式钻铣床 ZX7045	1	台	打孔
	钻床 WMD25V	1	台	打孔
	工业级台钻 Z520A	1	台	打孔
	钻铣床	1	台	打孔
	小钻床	1	台	打孔
	台虎钳	2	台	固定工件
	砂轮机	1	台	打磨工件
	斜切锯 LY-105C	1	台	切割铝材
	自吸尘砂带沙盘机 BDX48	1	台	打磨工件
	3D 打印机 MEGA ZERO 2.0	2	台	3D 打印
	3D 打印机 MEGA ZERO S	1	台	
	3D 打印机 4MAX PRO 2.0	1	台	
3D 打印机 FORM3	1	台		

类别	名称	数额	单位	初步使用计划
	万用表	3		测电压电流电阻
	示波器	2		硬件调试
	焊台	5		焊线
	热风枪	2		加热、使用热缩管
	回流焊机	1		PCB 焊接
其他	显示屏	2		调试设备
	计算机显示器	3		调试设备
	空气净化器	1		实验室环境改善
	除湿器	1		实验室环境改善
官方物资	RoboMaster M3508 电机	40	个	
	RoboMaster C620 电调	36	个	
	RoboMaster GM3510 电机	6	个	
	RoboMaster 820R 电调	6	个	
	RoboMaster M2006 电机	20	个	
	RoboMaster C610 电调	20	个	
	RoboMaster M6010 电机	6	个	
	RoboMaster M6020 电机	20	个	
	snail 2305 电机	6	个	
	420S 电调	2	个	
	TB47D 电池	28	个	
	RoboMaster 电池架（兼容型）	15	个	
	悟 PART13 180W 充电器单品(不含 AC 线)	6	个	

类别	名称	数额	单位	初步使用计划
	RoboMaster 17mm 荧光弹丸充能装置	3	个	
	RoboMaster 机器人专用遥控器套装	10	个	
	RoboMaster 机器人专用遥控器接收机	15	个	
	RoboMaster 红点激光器	10	个	
	RoboMaster 开发板 A 型	10	个	
	RoboMaster 电调中心板（旧）	15	个	
	RoboMaster 电调中心板（新）	15	个	
	RoboMaster 麦克纳姆轮	20	个	
	Hexroll 麦克纳姆轮	4	个	
	裁判系统	4	套	

## 4.2 协作工具使用规划

### 4.2.1 原有协作工具

队伍前几届采用百度网盘+QQ/微信的方式进行团队协作，百度网盘作为队内资料共享平台，用来存储文档、表格、模型、代码等文件。上一届才开始使用飞书作为协作平台，但使用仍不成熟。

首先，为了依托飞书建立队伍的管理和协作体系，制定了很多不符合队伍情况的制度。飞书诞生之初就是一种企业工具，将其直接用于管理学生科创团体，并不合适。因此，从效果上来说，我们仍只将飞书作为队伍网盘，不仅没有充分利用其管理上的优势，反而造成了管理上的真空，降低了队伍效率。

### 4.2.2 现行协作工具

#### 4.2.2.1 飞书

22 赛季我们将继续使用飞书作为主要协作工具，并优化和裁剪其功能，使之更为适应队伍情况。具体而言，使用飞书作为共享文档、财务管理、进度规划平台，辅以线下例会确保决策到位，而将 QQ 作为即时通知群。

团队成员注册好个人飞书账号后，通过邀请码加入同济大学 Superpower 机器人战队团队中，队长和项管在管理后台将成员分入相应的部门，成员自动获得该部门的文件管理和编辑权限。这样的模式简化了文件管理的工作量，只要事先设定好各组的权限，就可以确保文档及文件的安全性和协作性。



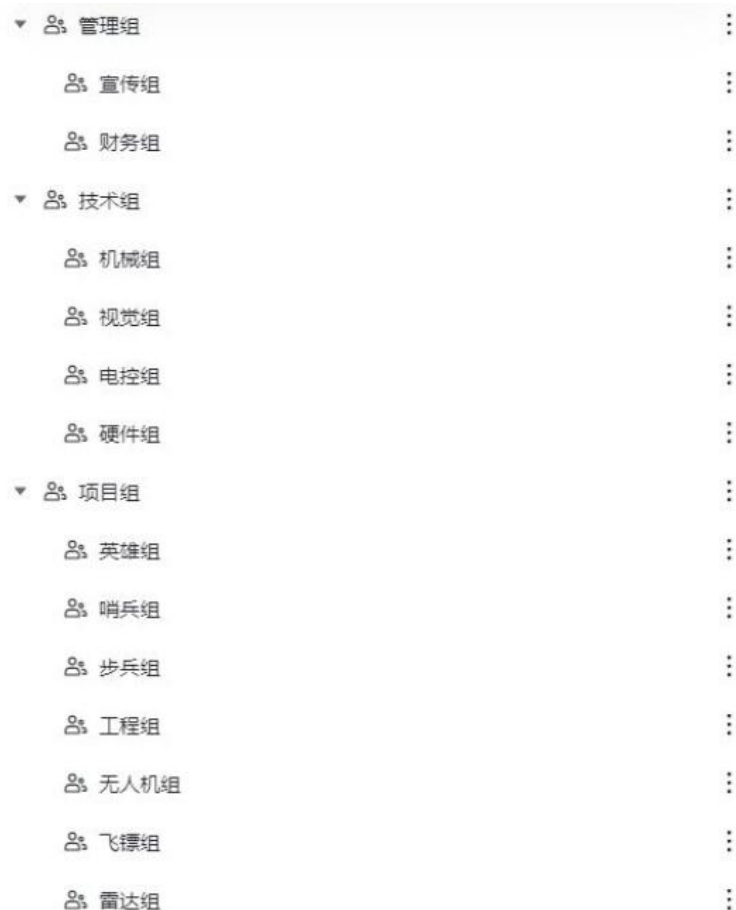


图 4-1 飞书团队组织结构

### (1) 常用工具

飞书云文档中包含的在线文档模块是本队使用最为频繁的工具，成员可以对其同时编辑、协作、评论，此工具还附带有修改记录和回档备份功能，大大提高了工作效率。战队目前已利用在线文档完成财务管理的工作，并在逐步建设其进度规划功能。后续测试报告、新机器人技术报告及模块技术报告均会及时存入云文档中。财务管理目前已包含了申购、发票管理。队员购买物资的整个流程都可以在飞书上实现。基于飞书甘特图的进度规划目前正在工程组上试点，根据其效果进行修改，预计寒假集训能够开始全队推广。

飞书中还有一些实用的小程序，比如视频会议、日历（重要时间节点标注）、部门群聊等，均可加强团队管理规范、提高协作效率。

### (2) 资料文献整理

已经完成了 19、20、21 赛季的资料收集、迁移和整理（宣传资料包仍存于战队网盘中），此工作虽然辛苦，但从结果来看非常有必要。第一，在此过程中我们找回了许多断代前的技术，并已开始将这部分技术运用于新机器人的开发工作中。第二，规范的技术文档和模型文

件管理加快了迭代进度，机械组目前已在轮组、发射机构、拨弹机构等常用机构上实现了模块化设计。第三，整理好的文档为有效率的文书工作提供了基础，管理组现在在编写各种文档时，不需要再花费大量沟通成本去确定和协调各组需要提交的技术文档。

### 4.2.2.2 gitee 代码仓库

目前，队内电控组已普遍使用 gitee 进行代码管理，在上面我们建立了同济大学机甲大师的组织，并按照项目组建立了相应仓库，日常工作内容主要包括可用代码维护及项目代码上传更新。

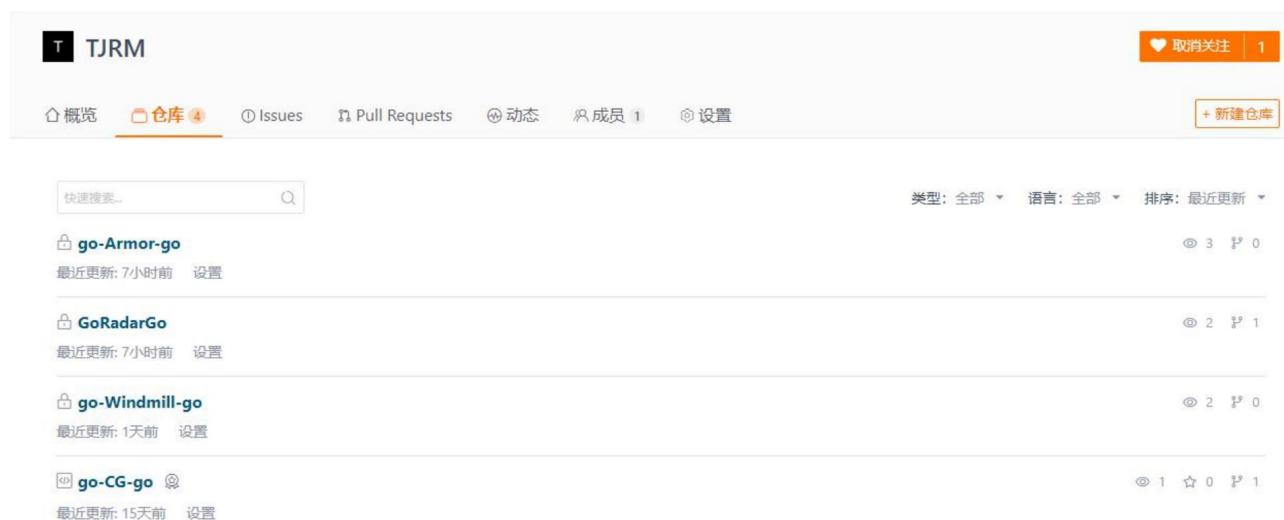


图 4-2 gitee 仓库

上图所示，为自瞄、雷达站、风车的仓库。这些都是私人仓库，由于私人仓库的协作者数量有限（免费 5 人为上限），我们只将各个项目组的负责人邀请作为协助者。至于其他组员，他们可以 fork 负责人的仓库，然后进行日常 push 和 pull。由此形成了逐层 fork 的代码管理模式，组长这边只需要督促各负责人的提交进度，各负责人又可以督促组员的进度。我们的日常开发要求是，每周至少 push 一次代码；每两周进行一次组内汇报，同时需要提交并记录开发中遇到的问题与解决方法，整理成技术文档以保障代码的优良传承性。

### 4.2.2.3 B 站

对于可公布的视频类资料，比如各组培训视频录屏、加工设备使用教学视频、历次实物测试记录视频等，均在 b 站账号 TJRobomaster 中上传发布。

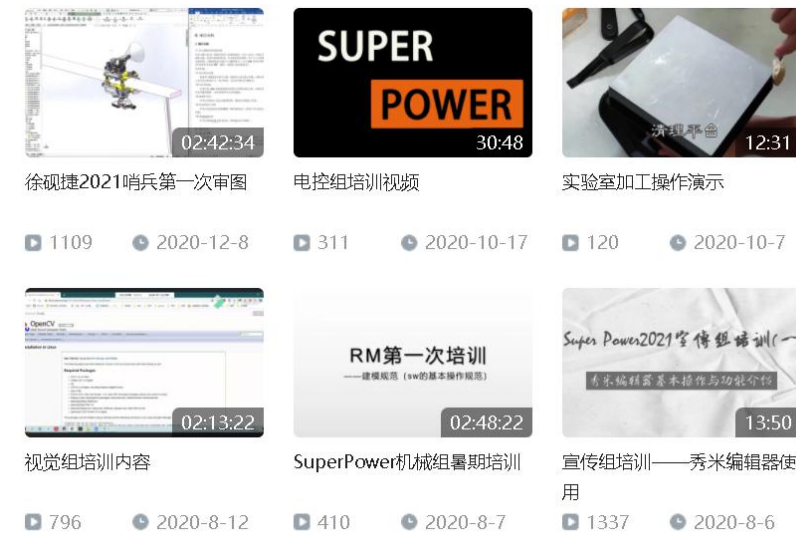


图 4-3 B 站视频合集

## 4.3 研发管理工具使用规划

本赛季在飞书上建立表格以进行研发任务分发与进度管理。本制度本赛季已实际实行一个月。表格将导入飞书制作成项目 OKR 任务表，转化为甘特图以直观了解各项目组进展及互相配合情况。

每月初，根据上月工作情况（赛季初则按照上赛季整体情况）制定本月工作计划，将各项目拆包下放至各项目组，每个项目组由各技术组的若干队员组成。项目包下放完成后，根据队员精力及项目要求进度制定具体工作计划，时间单位精确到周。

每周二晚，召集队内所有项目组负责人进行每周进度汇报，根据实际进度调整下周工作内容。对确有困难的项目，从其他组抽调人员进行协助。

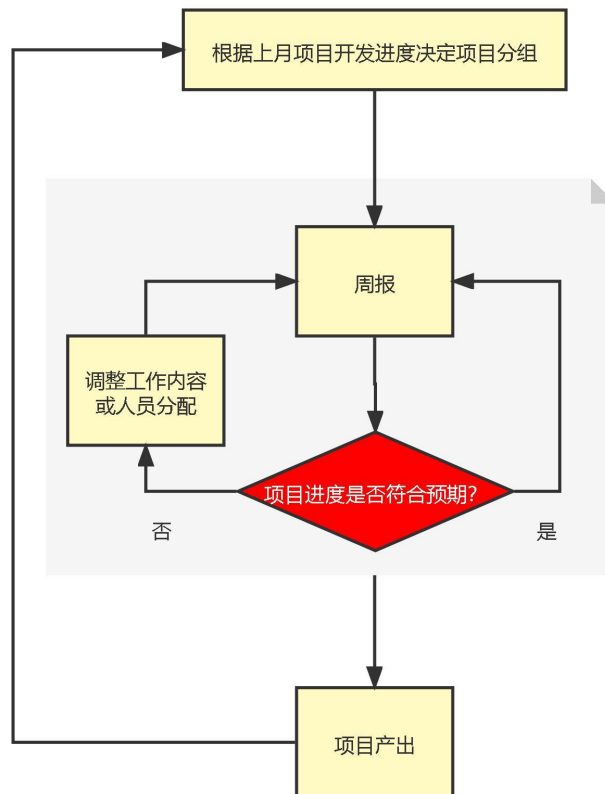


图 4-4 进度管理基本流程

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	项目名称	成员	11/1-11/7	11/8-11/14	11/15-11/21	11/22-11/28	11/29-12/5	12/6-12/12	12/13-12/19	12/20-12/25
2		山明扬	没空	整车布置	工程底盘基本完成	协调尺寸与迭代				
3		潘元皓	没空	双向导轨的研选	汇报第一阶段工作, 制造样机并整理	迭代				
4	工程总体设计	胡判	抬升机构方案	抬升机构	抬升机构方案完成	协调尺寸与迭代				
5		胡锦华	读BIT抓取机构图纸, 并对转向机构做了了解, 粗略绘制3D机构简图		汇报第一阶段图纸, 并细化细节	制造第一版样机				
6		罗子诚	考试周	读BIT抓取机构图纸, 并对吸盘机构做了了解, 粗略绘制3D机构简图	汇报第一阶段图纸, 并细化细节	制造第一版样机				
7										
8		李霖		刹车轮装配、调试	哨兵第一版总装配、调试	第二版样机设计				
9		梁宇翔		没空	哨兵第一版总装配、调试	第二版样机设计				
10	哨兵	李鑫熙		读开源资料	哨兵第一版总装配、调试	第二版样机设计				
11		刘笑天		读开源资料	哨兵第一版总装配、调试	第二版样机设计				
12		王博闻		读开源资料	哨兵第一版总装配、调试	第二版样机设计				
13										
14		段晨依	完成底盘装配	底盘初步测试, 与电控组交接	与电控组进行底盘测试	赛季规划: 英雄云平台装配	英雄底盘迭代	yaw轴连接设计		
15	英雄底盘	姜浩尧	英雄云平台		云平台打印件测试&云平台	英雄云平台装配及测试		与电控进行发射机构测试		
16	发射机构设计	马瑞琳						弹链设计		
17		韩子琪								
18		危淳仪	英雄底盘装配	协助进行测试		发射机构, 进行吊射理论	协助测试		协助底盘迭代	
19										
20		张耀龙	中供步兵云平台板件	中供步兵装配	云平台培训文档					
21		李佳峻		搜集	中供步兵云台的哨兵化					
22	步兵中供	翁志轩		云平台装配	工控板位置优化					
23	弹及所有	刘思彤		弹仓装配	中供步兵弹仓重量加大&弹仓盖					
24	步兵维护	蔡昱瑶		发射机构装配						
25		谢志豪		发射机构装配	弹道测试与调整pitch转动平衡					
26		山明扬	没空	工程/哨步兵共用底盘部分模块建设						
27										
28		潘元皓	无动力飞镖建模	制作飞镖原型	与李希桓交流飞镖工作	飞镖结构调整				
29	飞镖及发射架	李佳峻	阅读图纸		为何用昆讲解摩擦轮机构及设计要点	飞镖架制作				
30		何朋昆	场地建模	角度调整机构购买及装配	摩擦轮部分本地化改造					
31		李希桓	考试周	考试周	交还飞镖工作	针对靶面微调进行技术验证				
32										
33		全体	完成场地道具建设	迭代与实物制作	场地测试					
34	场地道具									
35										
36										
37										

图 4-5 任务分发及进度安排表格 (样板)

The screenshot shows a software interface for task management. On the left, there is a sidebar with navigation options like '任务管理', '团队OKR任务表', and '项目进展甘特图'. The main area displays a table with columns for '团队OKR任务表', '所属OKR', '总负责人', '开始时间', and '结束时间'. The table lists tasks under categories such as '工程总体设计', '哨兵', '英雄底盘及发射...', and '步兵中供弹及所...'. Each task entry includes a sub-task name, the responsible person (indicated by a colored circle), and the start and end dates.

图 4-6 项目 OKR 任务表

在时间进度管理方面，受个人精力、学校、商家等多方面外部因素影响，项目的进度会较为多变，其中尤以机械组进度变化最为明显。排除个人因素，外包加工造成的时间拖延最为严重。实际操作中，确实发现有电控组、视觉组进度完成而机械组始终不能装出整车，并导致无法及时调试的情况。对此基本的解决思路如下：

表 4-2 机械组进度管理方案

进度	具体任务与分配时间	保证进度的措施
建模	根据模型规模确定（小项目 7 天，整车等大项目 10~14 天）	项目组长周中自行进行进度检查，期间安排审图并迭代
加工	视外包加工件数量决定，含有外包加工件则收集各项目组零件并统一发出，加工时间两周。若无外包零件则安排 2~3 天加工时间	及时催促商家加工，尽量不拖延工期。
装配	现有可装配零件及时装配，找出加工问题并及时改正，装配时间 3~4 天。	加工完后及时装配，自制零件部分若有问题立即修改模型迭代。
测试	机械结构测试良好；配合电控测试；联调时间一周	装配结束后立即测试并进行结构迭代。

## 4.4 资料文献整理成果

使用下列三种方式的任一种来加入飞书团队，即可在飞书云文档中查看队内的资料文献：

方式一：在飞书客户端输入团队码：

方式二：通过成员访问链接申请加入团队

方式三：扫描二维码加入团队



图 4-7 飞书团队二维码

## 4.5 财务管理

### 4.5.1 全赛季的预算分析

本赛季预算表基于上赛季预算表和实际使用情况进行修正。上赛季基础资金 11.5 万元，本赛季基础资金约 15 万元。

由于上一赛季队伍并没有进入国赛，因此差旅费剩余较多，但此项不会做大的调整。在上赛季研发过程中，制定了 3D 打印机、工控机、深度相机等大额度设备的购买清单，但由于设备购置费比较少，只得放弃一部分设备的购买，客观上阻碍了一部分技术的研发进度，因此将较多资金倾斜至该项，保证设备购买不再被卡脖子。材料、易耗品购置费虽然超支，但是考虑到上赛季正处于断代后急速研发、造了大量新车的背景，因此此项预算仅增加 10000 元。此外，预计加工费和各种电子设备维修费会因为测试强度和迭代速度的提升而增加，因此将此项预算提升至 12000 元。在预算增加的大背景下，仍要根据各项需求针对性地增加预算，不可平均主义。

表 4-3 全赛季预算分配

类别	名称	数额（元）	使用情况	调整数目
设备、图书、材料购置费	设备购置费	15000	资金非常紧张	42799
	材料、易耗品购置费	30000	超支 2294.77 元	38180
	图书资料购置费	0		0



类别	名称	数额（元）	使用情况	调整数目
业务费	差旅费	68000	过多	61460
	知识产权事务	0		0
	测试加工、委托业务费	1900	资金紧张	14180

## 4.5.2 成本管理计划

成本管理主要依靠预算审核及统一采购。

统一采购制度主要是针对机械组和电控下的硬件组设立的。由于此两组大量采购和小批量采购的单价相差较远、运费也相差较多，因此会根据往年的 BOM 表预估采购数量并统一购买这部分耗材，比如玻纤板、标准件，电子元件及芯片。通过这一制度，21 赛季于耗材上至少节省约 4000 余元的开销。

预算审核是管理组动态调整资源的重要手段。由管理组根据技术方向和难度向各项目组分配经费，各组依照分配的经费列写预算表交至管理组二次审核，根据实际情况增加或者缩减经费。随后各组按此表进行采购及研发，每两周会统计一次实际花销，遇经费使用偏差超过 10% 的项目组会进行约谈，并根据实际情况对该组经费进行调整。

### 4.5.3 财务管理流程

管理流程如图

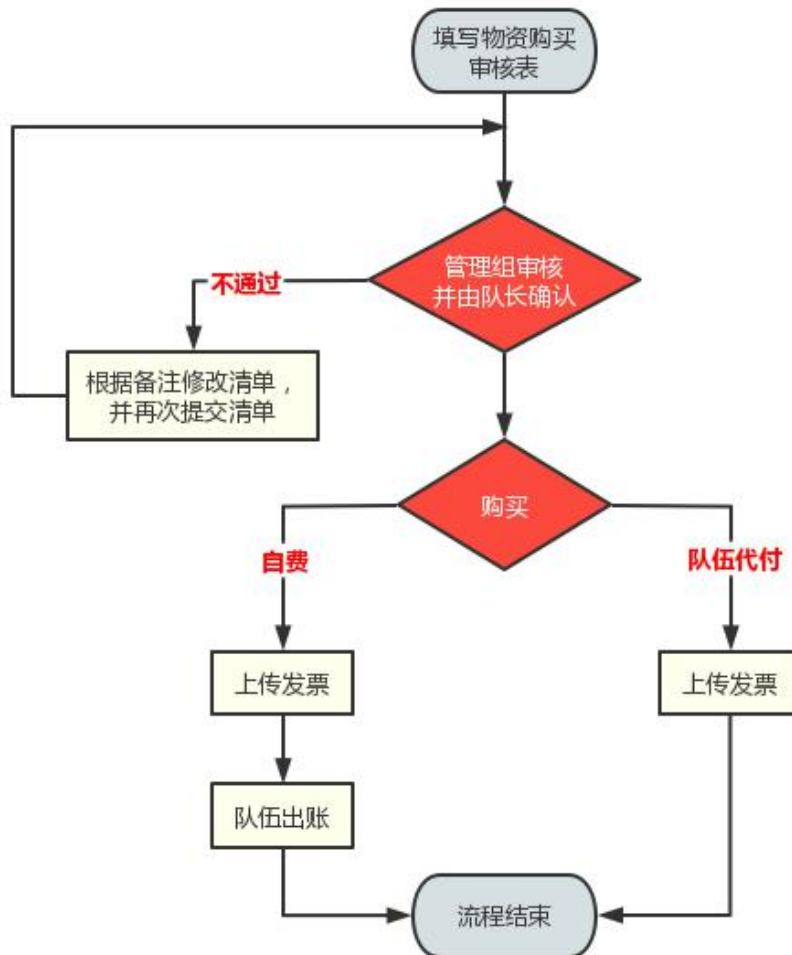


图 4-8 财务管理流程

## 5. 运营计划

### 5.1 宣传计划

#### 5.1.1 公众号运营

微信公众号主打走心推送，制作周期相较微博较长，每篇推送内容也相较更丰富。本赛季计划增加原创推文数，并提高推文发送频率，包括原创和转载官方推送。原创推送计划依据实时热点制作，能更好的蹭热度，吸引眼球，另外根据队内日常生活、赛季进度等来制作，还根据宣传组成员的脑洞实时制作推送。分为人物专栏和技术科普两大固定原创栏目，并增加战队日记本栏目，更新频率为周更。人物专栏定位是有趣、走心、真情实感，技术科普风格定位是亦庄亦谐。希望能将战队以往受众范围从主要为内部成员拓宽到外部。在调节团内内部氛围的同时也为招商活动提供宣传辅助。

#### 5.1.2 线下活动

1) 在学校各类艺术节、科技节的期间，摆出战队展摊，吸引过往路人，扩大战队在学校的影响力。

2) 面向本市部分中小学开展技术科普活动，在孩子们的心中埋下科技的种子，也符合大疆培养优秀青年工程师的初心。

3) 争取通过指导老师，战队成员的资源，更多的联系校外的线下活动，例如科技展、博览会、机器人表演等活动，扩大战队对外的影响力。

4) 配合进行团建相关活动。

#### 5.1.3 比赛期间

1) 微信公众号加快更新频率，并大范围转发，见缝插针，让更多的人了解、关注 RoboMaster 比赛，关注战队。

2) 比赛期间准备宣传物资，如队徽、本子、贴纸、宣传册，与友队进行交流推广。

3) 赛前数天以及赛事期间，在学校显要位置摆放摊位，宣传比赛，通过传单、纪念品等吸引路人观看直播。同时队员与指导老师邀请朋友、家人等观看直播，并发到他们去宣传赛事直播。

## 5.2 商业计划

### 5.2.1 资源来源规划

#### 5.2.1.1 招商资源

作为一支由学生组成的战队，我们能够利用的直接资源非常有限，但是学校、学院、指导老师等方面都可以为我们提供非常广的间接资源，其中最为显著的就是校友资源。从学院学校走出去的很多校友都有很好的发展，他们会有能力并且很乐意为我们这种学生团队提供帮助，学校会为我们提供平台展示我们的研发成果，使广大校友看到我们的成绩，我们也会发挥自己的主动性，向感兴趣的校友介绍我们的比赛和战队，并从中挖掘潜在的赞助商。

#### 5.2.1.2 招商的必要性及比重

虽然在一个队伍里，同时发展技术和商业实力会对精力有限的队员造成压力。但是，强有力的技术水平会使战队更具商业价值，通过商业运作获得更多外部资源也必然能反哺于技术，二者相辅相成。

考虑战队资金现状，我们的预算并不是非常充裕，尤其在某些新技术的研发上，设备技术水平较低导致很难推进，这就给技术研发产生了一定的限制，通过招商来解决这个问题，对战队而言有一定的必要性，我们希望能获得资金支持、产品赞助、场地支持、生产加工支持、物流支持等等。这既是对招商成员的一种考验，也是对战队整体实力的一种检验。

关于招商比重，根据上赛季招商结果，本赛季招商目标定为赛季总预算的五分之一。

### 5.2.2 招商计划

#### 5.2.2.1 战队招商优势

##### 1) 资源优势

SuperPower 机器人战队是由机械与能源工程学院赵炯教授、辅导员何俊杰等亲身指导，在校团委、教务处及学院党委的大力支持下成立，实验室能够整合来自校园的多方资源。战队代表着同济大学的形象，也享有同济大学的光环。

##### 2) 人才优势

战队队伍成员涵盖机械与能源工程学院、电子与信息工程学院、交通运输工程学院、汽车学院、艺术与传媒学院等学院大二至研二学生。历年走出战队的老队员中人才济济，接近

半数保研本校或上海交大等顶级院校，数人进入中国商飞、大疆创新等全国顶尖企业，数人远赴哥伦比亚大学、CMU 等世界顶尖大学深造。

### 3) 技术优势

战队机器人经历了七年的迭代，数年的研究开发经验为战队积累下了十分可观的技术资源，特别是在赛事热点技术，例如无人机、机械臂抓取、机器视觉图像识别、全自动反击等研究中积累了大量经验。在 2018 赛季中，SuperPower 战队荣获 RoboMaster 机甲大师赛技术挑战赛三等奖、中部分区赛一等奖、全国总决赛一等奖；2019 赛季中，SuperPower 战队荣获 RoboMaster 机甲大师中部分区赛一等奖、全国总决赛二等奖；2020 赛季中，SuperPower 战队荣获 RoboMaster 机甲大师赛一等奖；2021 赛季中，SuperPower 战队荣获 RoboMaster 机甲大师赛中部分区赛一等奖、全国二等奖。

#### 5.2.2.2 战队可提供权益（以冠名赞助商为例）

- 1) 冠名赞助商将会得到同济大学机器人战队的冠名权，提高知名度。
- 2) 比赛期间大会广播会多次宣读战队队名，即宣读冠名赞助商名称。
- 3) 冠名赞助商的 logo、产品名称及图案可在战车、战队服装的规定位置中出现。
- 4) 拥有邀请同济大学机器人战队队员实习的优先权品牌宣传。
- 5) 在取得赛事承办方 DJI 公司的同意下，总长 5 天（非比赛期间）的战车优先使用权（可用于展会及公司总部展示等）。
- 6) 在机器人战队各类摆摊宣传活动中，可在摊位放置赞助商展板并分发宣传贵公司宣传册，提升贵公司校内知名度。
- 7) 在机器人实验室举办的部分校内活动中，赞助商横幅可以挂在会场内。
- 8) 校园展位的展示、校内外发布比赛的新闻、校内比赛、招新等视频的推送可体现赞助商的广告位置。
- 9) 比赛期间参赛队员接受不定期的采访时可提及赞助商，且可以在接受采访时穿着赞助商提供的服装。
- 10) 在实验室相关推送中特别鸣谢展示的 logo 下面可插入链接，链接到贵公司希望在本校宣传的主要产品的推送或网页，或者贵公司的简介、招聘广告等。

- 11) 同济大学 Super Power 机器人战队微博、微信公众号的广告位置可体现赞助商的广告位置，加深广大民众对贵公司的印象。
- 12) 定期邮件汇报机器人战队进展和情况。

## 6. 团队章程及制度

### 6.1 团队性质及概述

本战队名称为同济大学 SuperPower 战队，是同济大学参加 RoboMaster 全国大学生机器人大赛的唯一代表团队。

本战队遵循学校教育目标，即以培养知识、能力和人格为目标，以 RoboMaster 全国大学生机器人大赛为导向，积极开展机械、电子相关的学术、竞赛活动。团队建设接受学校相关部门和老师的指导与监督，团队成绩对学校教育目标、团队建设目标负责。

在 RoboMaster 全国大学生机器人大赛中，本战队秉持“不断创新，稳步前进”的发展思路，在前期比赛成绩的基础上逐步踏上新台阶，以进入全国赛为阶段性目标，以进入全国八强为最终目标。

### 6.2 团队制度

#### 6.2.1 审核决策制度

##### 6.2.1.1 队内项目生命周期及任务目标

表 6-1 队内项目生命周期及任务目标

生命周期	执行内容			输出内容
	机械	电控	视觉	
规则分析	机器人定位及相应的功能需求与技术指标			功能需求
方案构想	利用头脑风暴等方法提出多种实施方案			多种方案
方案筛选	对方法进行可行性评估，并选出最优方案（两个以内）			最优方案
方案成型	实现各功能的原理图（主要用于为三维建模提供方向）；详细的三维模型（零件图和有动作展示功能的装配图）	程序框架：PCB 原理图；算法数学模型；模拟仿真结果	算法 demo	方案设计书
审核	基于三维模型提出修	进行实际测试，给	根据线下测试结	修改意见



生命周期	执行内容			输出内容
	机械	电控	视觉	
	改意见或确定方案	出审核意见	果, 给出审核意见	
修改	基于审核结果对三维模型进行修改	根据审核结果修改或重新制定方案	根据审核结果修改或重新制定方案	再版方案
采购	列出采购 BOM 表并下单	列出采购 BOM 表, 搭建电控硬件结构	列出采购 BOM 表, 采购必要硬件	采购 BOM 表
装配测试	将采购来的零件装配成型, 经过测试, 列出测试结果报告	测试各个功能模块的控制, 给出测试报告	在机器人上测试算法, 给出测试报告	测试结果报告

### 6.2.1.2 整车生命周期与任务目标

表 6-2 整车生命周期及任务目标

生命周期	执行内容			输出内容
	机械	电控	视觉	
整车布局	根据各单项目取得的阶段性成果, 确定整车布局与技术方	根据各单项目取得的阶段性成果, 确定整车硬件布局及代码架构	根据各单项目取得的阶段性成果, 确定最终方案	整车技术方案
整车设计	将各单项目中测试完备的机构导入整车模型并做出适应性修改, 列出技术报告	整合各部分代码, 完成整车程序, 给出代码及技术报告	整合各部分代码并给出技术报告	整车模型与技术报告

生命周期	执行内容			输出内容
	机械	电控	视觉	
整车装配与测试	完成整车实物装配，根据测试结果不断修改至整车功能实现	完成整车布线并烧录程序，进行调参工作直至测试完成	烧录程序，进行调参工作直至测试完成	整车完整形态
操作手训练	从各技术组选拔操作手进行训练			操作手培训方案

### 6.2.1.3 任务分配

表 6-3 项目及整车全生命周期任务分配

生命周期	队员类型	队员
规则分析	各技术组+操作手组	各技术组负责人+各技术组核心成员+操作手
方案构思	各技术组	各技术组核心成员(初步建立项目组)
方案筛选	各项目组	各技术组负责人+各项目组全体成员
方案成型	各项目组	各项目组全体成员
审核	管理组+各技术组	团队管理层+各技术组负责人+各项目组负责人
修改	各项目组	各项目组全体成员
采购	各项目组+财务组	各项目组负责人+财务总监
测试	各项目组	各项目组全体成员
整车设计与装配	各兵种组	各兵种组全员
整车测试	各兵种组	各兵种组全员(从中产生操作手)

生命周期	队员类型	队员
操作手训练	操作手组	操作手组全员

### 6.2.1.4 评审体系

#### 1. 机械组评审体系

表 6-4 机械组评审体系

评审类别	评审内容	输出结果
方案审核	方案可行性	决定方案是否具体执行
模型审核第一次	方案基本功能实现	模型修改或通过
模型审核第二次	模型完成度	模型修改或开始采购
单一功能审核	实物测试效果	设计修改或通过
整车功能审核	整车测试结果	整车修改或通过

#### 2. 电控组评审体系

表 6-5 电控组评审体系

评审类别	评审内容	输出结果
方案审核	方案可行性	决定方案是否具体执行
模型验证	仿真结果	选择 1~2 个目标方案
实物测试	检验方案效果	决定方案是否采用
模块测试	模拟实际情况进行性能测试	确定最终方案
整车测试	整车性能	是否达到比赛要求

#### 3. 视觉组评审体系

表 6-6 视觉组评审体系

评审类别	评审内容	评审结果
------	------	------

方案审核	方案可行性	决定方案是否进入实现 demo 阶段
模型验证	仿真结果	选择 1~2 个目标方案
实物测试	检验方案效果	决定方案是否采用
整车测试	算法是否有可提高改进之处	是否达到比赛要求

### 6.2.1.5 进度追踪

#### 1. 机械组进度追踪

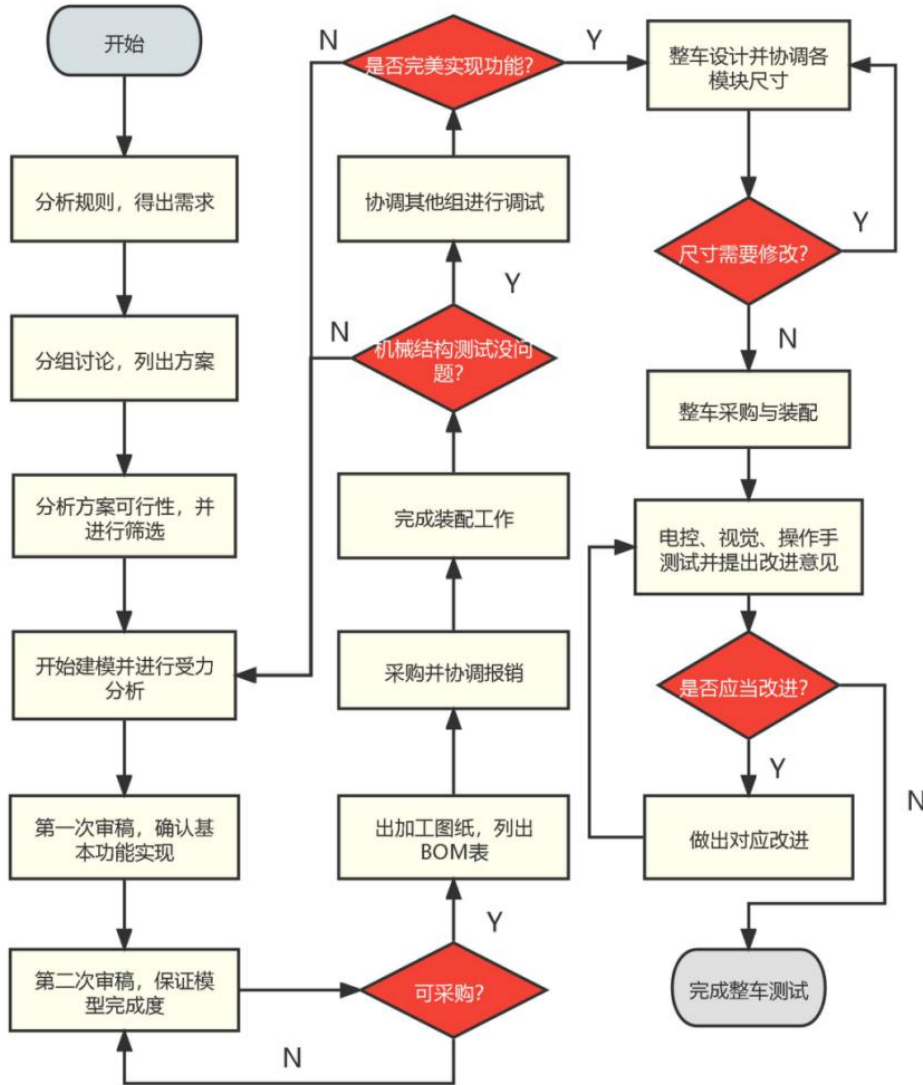


图 6-1 机械组进度追踪流程

## 2. 电控组进度追踪

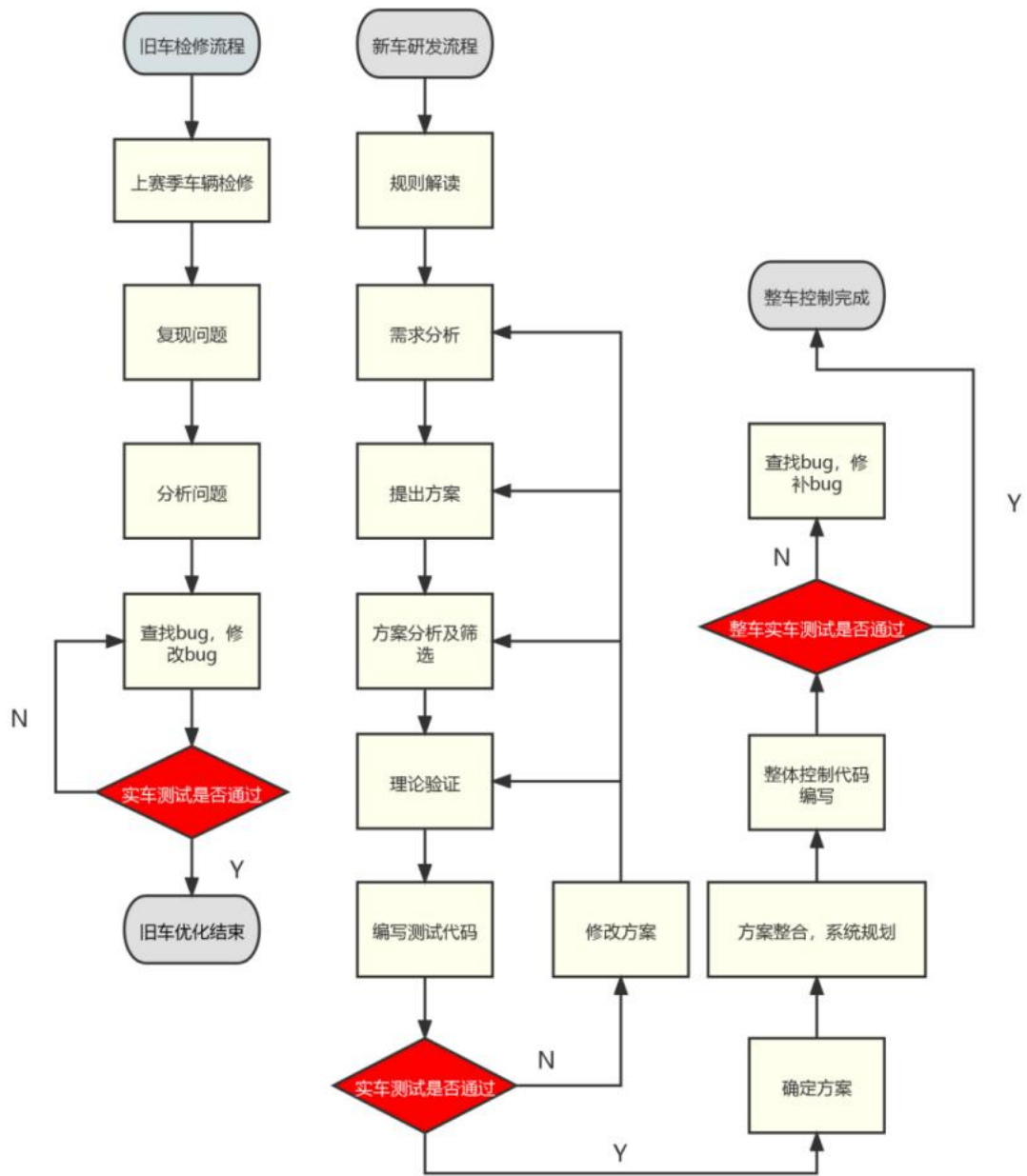


图 6-2 电控组进度追踪流程

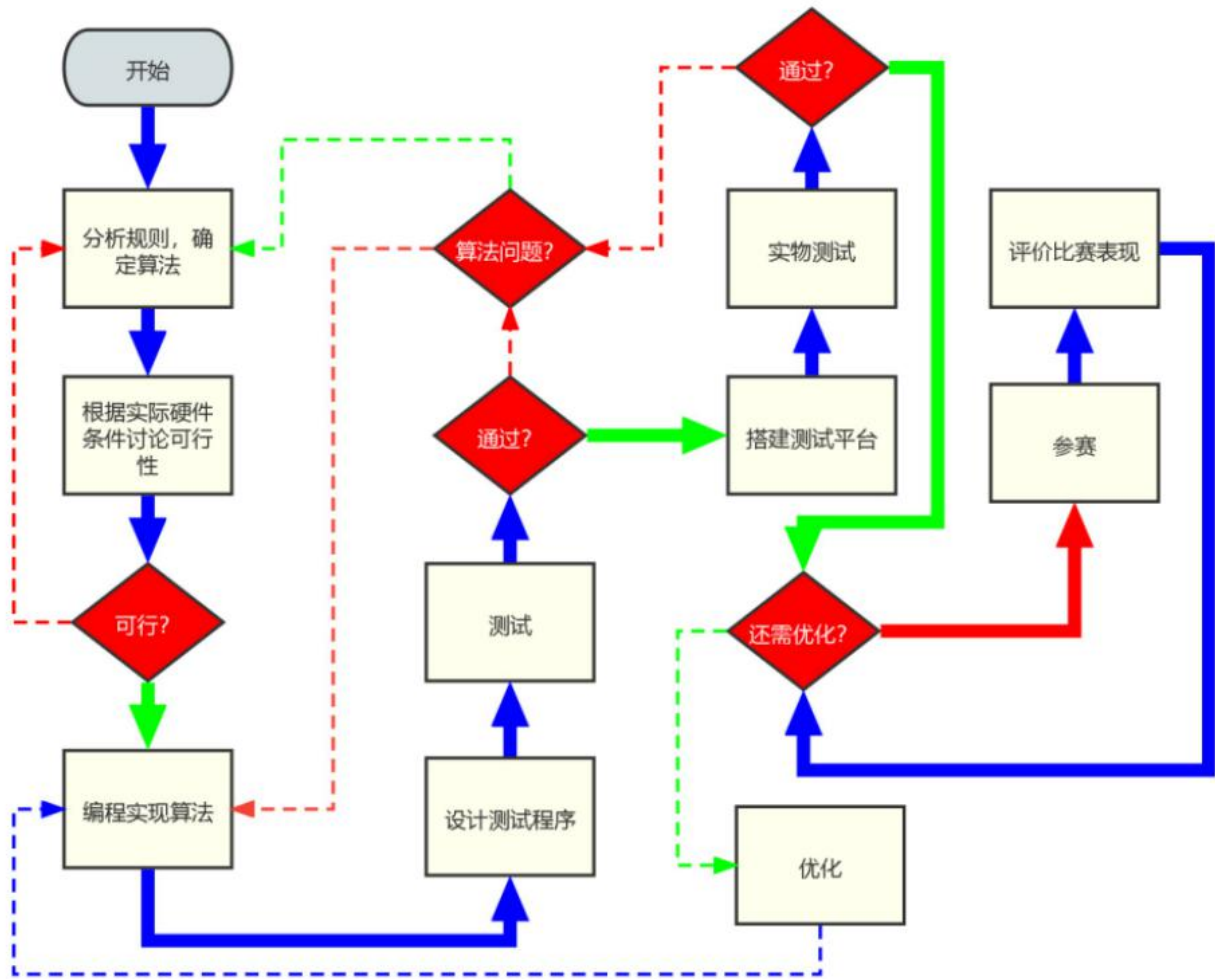
下表为机械组、电控组关于各个机器人生命周期内的具体进度追踪办法：

表 6-7 机械组、电控组进度追踪办法

生命周期	进度追踪	
	机械组	电控组
规则分析	配合官方规则测评学习规则，管理组进行组会讨论	
方案构想	整车功能分解为单个项目并分配到具体队员，一周后进行方案验收	
方案筛选	方案审核即时讨论进行筛选	
方案成型	方案确定一周后审核原理图；原理图通过后依据工作量进行进度确定并依此时间节点进行审核	方案确定后每周检查执行进度和测试效果
审核	有设计成果时即由各项目组负责人审核	在指定任务截止日期前审核
修改	审核后依据修改量大小进行弹性时间分配，到达时间节点进行审核	
采购	列出采购清单后及时通知队长及财务进行审核后下单	
装配与测试	各项目组负责人按进度进行	
整车设计	由最初规划时间节点进行整车设计任务	
整车装配与测试	整车设计结束至比赛结束均为装配与测试时间，各技术组相互配合随时进行	
操作手测试	整车功能验证完成后即进行操作手训练与测试，并从中选拔最终操作手，之后每周进行对抗训练并进行评估	



### 3. 视觉组进度追踪



图注：粗箭头：主过程；  
 蓝色：一般过程；  
 红色：判断结果“否”；  
 绿色：判断结果“是”

图 6-3 视觉组进度追踪流程

视觉组详细追踪办法如下：

表 6-8 视觉组进度追踪办法

生命周期	执行内容	输出内容	参与人员
规则分析	分析规则，明确需求，确定算法	算法框架	视觉组老队员、管理组
可行性分析	分析算法在现有条件下的可行性	算法框架	视觉组老队员
算法实现	实现算法 demo	算法 demo	视觉组
测试程序	编写算法测试程序	测试程序	视觉组
离线测试	使用测试程序对算法进行测试	测试报告	视觉组
测试平台	构建算法实际测试平台	测试平台	视觉组、电控组、机械组
实物测试	使用测试平台，在机器人上测试算法	测试报告	视觉组、电控组、操作手组
算法优化	通过测试结果，寻找算法的问题和可能的优化方案	优化方案	视觉组、操作手组
比赛评价	通过比赛中录制的视频，发现算法问题	比赛评价报告	视觉组、操作手组

### 6.2.1.6 成果验收与测试体系

队内的研发成果将按以下规范进行一系列的测试，在测试结果基础上做出对应优化。测试体系从规则发布开始研究制定并运行直到比赛结束。

表 6-9 成果验收与测试体系

测试类型	测试需求	工作内容
模块测试	根据模块技术要求进行测试	测试平台搭建
		功能测试
		稳定性测试
整机测试	整机各项功能及技术要求	整机功能测试
		整机机械稳定性测试
		整机电气稳定性测试
		操作手实操测试
战术测试	赛场演练	多机联调稳定性测试
		战术测试

通过以上各测试项目输出对应环节的测试报告，并生成相应的修改意见，反复迭代后所得最终测试报告整合入最终的技术报告中。

### 6.2.1.7 队内事务决策

1. 战队最高决策单位为管理组，由各技术组长、财务、队长及项管组成。一切宏观层面决策必须由管理组统一意见后作出，如差旅、预算表、技术方向等直接关乎队伍发展的宏观层面决策。任何管理组成员，包括队长，不得私自向中间层发布决策。
2. 战队中间层由留任老队员和少部分能力突出的新人担任，负责细化并部署管理组的决策，全权管理项目组内的事务，对组内资源可以自由调配，但不得私自更改由管理组做出的决策。在管理例会上需向队长及项管进行有关进度的工作汇报，于各组技术例会上应反馈和介绍项目组技术上遇到的问题和实现的突破。

3. 比赛期间，队长只需与项管讨论后就可以做出决定，无需通过管理组同意。

## 6.2.2 值班制度

根据上一赛季工作经验，弹性工作制度并不适合我们队伍的情况。因此本赛季初就已制定了值班表，要求每一名队员都必须在固定的时间参与集体值班。

实行这一制度有多方面的考虑。首先集体值班有助于提升工作效率，安排同一组的队员在同一时间段值班能有效地降低沟通成本并加快迭代效率。其次，集体值班是一种提升凝聚力的手段，当一名队员周围的人都在投入比赛的时候，他往往也会受到激励并积极投入到研发工作中。此外，每一值班时间段都会安排一至两名老队员，他们会在需要时组织培训，处理实验室突发事件，当然他们也会在新队员迷茫或者懈怠时提供或心理或技术上的充分帮助。

	周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日		周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日
15:30-17:00		潘元皓				张嘉龙	张嘉龙	15:00-17:00		程琪德				何静颐	于桩
		张嘉龙				山明扬	山明扬			何静颐				孔灏	张亚静
		李佳峻				李佳峻	李佳峻			吴天骋				刘玉枫	郑浩
		邱晨依				梁宇翾	邱晨依			杨久春				张亚静	郭斌
		危淳仪				李希桓	梁宇翾			刘天煜				曾晋华	程果然
		何朋昆				韩子琪	王博闻			王丹妮				程果然	田雨
	刘思彤				马珺琳	谢志豪	韩子琪							黄毓潇	
19:00-21:00	潘元皓	潘元皓	潘元皓	潘元皓	山明扬	山明扬	潘元皓	张大林	程琪德	陈昊鹏	陈昊宇	陈昊宇	陈昊宇	陈昊宇	张大林
	张嘉龙	张嘉龙	张嘉龙	山明扬	邱晨依	张嘉龙	山明扬	刘玉枫	张大林	杨廷恺	孔灏	杨久春	张亚静	陈昊鹏	
	高弘毅	李佳峻	李佳峻	梁宇翾	李森	李佳峻	李森	于桩	陈昊鹏	杨久春	王丹妮	孔灏	徐逸飞	杨廷恺	
	马珺琳	邱晨依	刘笑天	胡锡华	梁宇翾	李森	邱晨依	闫星龙	杨廷恺	闫星龙	闫星龙	刘玉枫	曾晋华	于桩	
	李嘉熙	罗子铨	罗子铨	翁志轩	危淳仪	韩子琪	梁宇翾	张亚静	吴天骋	刘天煜	郑浩	刘天煜	郑浩	徐逸飞	
		李嘉熙	何朋昆		马珺琳	何朋昆	谢志豪	徐逸飞	王丹妮	赵立焱	黄毓潇	曾晋华	程果然	黄毓潇	
	谢志豪	胡钊		蔡昱颀		刘思彤	赵立焱	赵立焱	郭斌	田雨	马佳乐		田雨		
	危淳仪					李嘉熙	郭斌								

图 6-4 2022 赛季战队值班表

## 6.2.3 例会制度

本队例会主要由功能不同的两种例会组成，即管理例会和技术例会。

1. 管理例会每周一次，与会人员包括管理组和中间层，目的在于跟踪并协调全队进度，在队伍层面上进行资源的调配。会议必须出席，请假则另选时间单独面谈。

- 1) 管理组提前讨论好下一周的工作重点；
- 2) 由队长及项管确定中间层参会名单，管理组明确开会内容及需要跟踪的进度；
- 3) 在例会上讨论各项目组下一周的验收内容、时间和所需额外物资；

2. 技术例会由各技术组组织，每周至少一次，与会人员自行决定。内容包括培训，技术汇报和技术进度检查。

## 6.2.4 人员管理制度

### 6.2.4.1 人员任免

1. 管理组成员任命由队长和项管确定，免职决定由管理组其余成员讨论通过后做出。
2. 技术组人员任免：
  - 1) 辞退任何技术组人员的决定都必须通过管理组同意后才可做出。
  - 2) 项目组人员名单由各技术组长决定。
  - 3) 各技术组组长根据组员技术上的表现可以上报管理组辞退意见。
  - 4) 如果有以下行为，经管理组确认后予以警告或者劝退：
    - ① 人员出现诚信问题：如私吞实验室资产、谎报申购内容、请假原因不实、恶意中伤他人、作品抄袭等，一经发现即刻劝退。
    - ② 违反实验室制度：机器人出现异常情况不及时汇报、未经申请进行危险实验、未经讨论私自更改管理组决策等，经管理组讨论后做出警告或者辞退的决定。
    - ③ 对战队形象造成负面影响，经讨论后警告或者劝退。

### 6.2.4.2 人员调动及补录

1. 技术组间人员调动，由两组组长协商决定，结果上报项管。
2. 项目组内人员调动，由各技术组长自行决定，并修改该队员甘特图。
3. 人员补录需单独考核，结果上报项管。

## 6.2.5 财务管理制度

- (1) 为加强战队内部管理，规范战队财务报销行为，合理控制费用支出，特制定本制度。
- (2) 本制度根据相关的财经制度及战队的实际情况，将财务报销分为线上代付和线下自购两种支出形式，以下分别说明相关的借款流程及各项支出具体的财务报销制度和报销流程。
- (3) 日常费用报销流程

#### 1) 代付：

按项目组指定专人负责采购，对总价超过 500 的订单，采购之前填好申购单，队长审核通过后才可联系财务付款。

## 2) 自购:

对总价 500 以下的订单:

- A. 采购之前填申购单, 队长审核通过后先自行垫付购买;
- B. 保留支付记录、发票(否则不能报销);
- C. 所有票据接受凭证单位名称(或称付款单位、购货单位、客户等)必须开具“同济大学”的全称, 不得简写为“同济”。
- D. 票据必须具备: 开票日期、经济业务内容或品名、数量、单价、金额等。如一次所购买物品较多, 发票以办公用品, 文具, 材料或以代码冠名、物品代码等此类笼统内容开具的发票, 应附开票单位开具的物品明细清单, 列明品名、数量、单价、金额, 并且清单上应有与发票一致的发票专用章。从超市、书店购买的物品可依据购物小票作为清单。
- E. 票据金额大小写必须完全一致, 涂改无效。

(4) 日常费用主要包括物资采购费、差旅费、办公费、低值易耗品及备品备件、培训费、资料费等。在一个预算期间内, 各项费用的累计支出原则上不得超出预算。

### (5) 费用报销的一般规定:

- 1) 报销人必须取得相应的合法票据, 且发票背面有经办人签名。
- 2) 填写报销单应注意: 根据费用性质填写对应单据; 严格按单据要求项目认真写, 注明附件张数; 金额大小写须完全一致(不得涂改); 简述费用内容或事由。
- 3) 按规定的审批程序报批。
- 4) 报销 5000 元以上需提前一天通知财务部以便备款。

(6) 本制度解释权归战队财务。

## 6.2.6 档案资料管理制度

- (1) 严格执行战队的保密、安全制度, 确保档案安全。
- (2) 战队统一使用飞书进行战队文档管理;
- (3) 各组明确规定档案责任人(文书), 文书对本组档案的收集、建档、保管、借阅和利用负全责。

- (4) 各组应在每周末向项目管理移交本周文书档案进行归档。
- (5) 各类规章制度、办法、人事、统计资料、会议记录、工作计划、工作总结、接待来访记录、上级通知、战队发文、以及添置设备、财产的产权资料由项管负责归档。
- (6) 各技术项目发包、设计及报告等图纸文字技术资料、质量资料由技术管理负责归档。
- (7) 各类商务合同、协议的正本原件由财务经理归档，副本原件、复印件等备份存档由项管实行电子化管理。
- (8) 项目管理对文件共享平台的管理负总责任。
- (9) 归档资料必须符合下列要求：
  - 1) 文件材料齐全完整，符合模板要求。
  - 2) 根据档案内容合并整理、立卷。
  - 3) 根据档案内容的历史关系，区别保存价值、分类、整理、立卷，案卷标题简明确切，便于保管和利用。
- (10) 档案资料借阅需履行登记、签字手续，重要资料借阅需先请示分管负责人。
- (11) 由项管定期对档案进行鉴定，加强档案保管工作，定期检查档案保管情况。

## **6.2.7 实验室管理制度**

- (1) 进入实验室需持有实验室准入许可证，无证件不得入内。
- (2) 进出实验室保持实验室整洁，自觉维护实验室秩序和卫生，确保进入实验室前和走出实验室秩序一致。
- (3) 按照实验室值日安排表履行值日义务，每天 2 人，负责当日出勤签到管理监督、确保实验室卫生整洁、物品摆放规整、工作结束后关闭电源、饮用水管理等，并负责通知下一个工作日值日人员，若忘记值日，后两天连续值日。如需更换值日时间，向项管申请。物资管理组监督执行情况，并计入考核制度。
- (4) 物品工具使用后放回原位置；如需带出实验室使用，在登记本登记借还；发现未经登记带出实验室的，向组长提交书面说明和检讨；借用物品因个人原因损坏或丢失的，照价赔偿。
- (5) 进出实验室进行签到和签退，严禁代签。



(6) 严禁大声喧哗，嬉笑打闹，外放音乐，打游戏，严禁带外人进入。

(7) 个人贵重物品，妥善保管，若在实验室发生丢失状况后果自负。

(8) 物资使用规范：

1) 调试机器人过程中注意安全，严禁带电接线，每次调试后应将机器人上代码恢复为安全可用版本，机器人、遥控器用完后及时断电，电池充电时必须有人看管

2) 机器人出现异常及时汇报，严禁发现异常情况后未汇报、记录或修复即离开，如有发现，一次警告、两次退队。

3) 焊接工具的使用要求。焊台，热风枪等用电工具，必须断电方能离开。

4) 3D 打印件导出模型后经软件处理可导入打印机打印；

5) 树脂板与金属件的加工需要去开物馆后集装箱，加工时至少有两人在场相互监督。

6) 拆卸与装配过程一般在集装箱、地下实验室或车库进行，拆卸装配时必须严格遵守拆卸顺序，并妥善保存拆卸下来的零部件和拆装工具。出现非正常情况立即反映。

7) 无人机场地分为研发场地和飞场，研发场地为开物馆地下室，室内飞场为开物馆地下车库，室外飞场为开物馆大创集装箱旁。飞行实验需携带航模社的飞场证明。

8) 视觉组物资如工控、工业摄像头等比较贵重，使用前需向组长申请，批准后方可登记使用，并须在限期内归还。



同濟大學  
TONGJI UNIVERSITY

**SUPERPOWER**