



Using a 32-BR motor driver chip and Field-Effect Control (FEC), the RoboMaster C620 Brushless DC Motor Speed Controller enables precise control over motor torque.

Exclusively designed for the RoboMaster M620S P18 Brushless DC Gear Motor and C620 Brushless DC Motor Speed Controller, this 48-tooth Gearset can be installed on a motor, gearbox and a terminal board.

RoboMaster System Specification Manual, RoboMaster System User Manual, Introduction of RoboMaster System Manual

620-M620S Assembly Kit includes several cables and a terminal board, ensuring a complete assembly system when for four independent motors.

# ROBOMASTER 2024 机甲大师超级对抗赛

## 赛季规划

同济大学 SuperPower 战队 编制

2023 年 12 月 发布



## 目录

前言 .....	5
<b>1. 团队目标.....</b>	<b>6</b>
1.1 本赛季成绩目标 .....	6
1.1.1 目标制定依据.....	6
1.1.2 目标跟踪规划.....	7
1.2 本赛季团队建设目标 .....	8
1.2.1 目标制定依据.....	8
1.2.2 目标跟踪规划.....	10
1.3 本赛季重大技术突破目标 .....	12
1.3.1 目标制定依据.....	13
1.3.2 目标跟踪规划.....	13
<b>2. 项目分析.....</b>	<b>15</b>
2.1 上赛季项目分析经验 .....	15
2.2 新赛季规则解读 .....	16
2.2.1 整体规则改动分析.....	16
2.2.2 场地改动分析.....	16
2.2.3 机器人改动分析 .....	17
2.2.4 机制改动分析.....	18
2.2.5 技术方向引导解读.....	19
2.3 研发项目规划.....	19
2.3.1 步兵机器人 .....	19
2.3.2 英雄机器人 .....	26
2.3.3 工程机器人 .....	32
2.3.4 哨兵机器人 .....	39
2.3.5 空中机器人 .....	48
2.3.6 飞镖系统.....	53
2.3.7 雷达.....	58
2.3.8 人机交互.....	61
2.4 技术储备规划.....	63
2.4.1 通用技术储备.....	63

2.4.2 特定兵种技术储备 .....	78
<b>3. 团队架构.....</b>	<b>85</b>
<b>4. 资源可行性分析.....</b>	<b>93</b>
4.1 上赛季资源使用情况 .....	93
4.2 本赛季可用资源概述 .....	95
4.3 本赛季资金预算分配规划 .....	96
4.4 资源可行性分析 .....	97
<b>5. 宣传及商业计划.....</b>	<b>99</b>
5.1 宣传计划.....	99
5.2 商业计划.....	104
5.2.1 招商客户规划.....	104
5.2.2 招商资源.....	105
5.2.3 招商目标规划.....	106

# 前言

本报告由同济大学 SuperPower 战队编制,适用于 RoboMaster 2024 机甲大师超级对抗赛。

主要撰写人员包括:

模块	撰写人员 1	撰写人员 2	撰写人员 3	撰写人员 4	撰写人员 5
机械	刘家萁	鹿讯	李柯轩	卜发扬	李泽昊
电控	杨久春	刘玉枫	陈鹤鸣	向俊龙	
硬件	甘川				
算法	王骁扬	于浩哲	李元诚	刘鹏	
管理	邱晨依	罗子铖	于浩哲		
宣传	郑幸佳				
商务	邱晨依				

# 1. 团队目标

## 1.1 本赛季成绩目标

本赛季的理想成绩目标是进入全国赛，保底成绩目标是进入复活赛。

### 1.1.1 目标制定依据

我们以可调用资源、队伍赛季规划及其他队伍发展情况三个方面的依据制定该成绩目标。

#### (1) 可调用资源

我队相对而言拥有较为丰富的资金、场地、人力等非技术资源。可用资金方面，队伍由同济大学机械与能源工程学院下属大学生科技创新实践基地管辖，由学院拨款维持运营和研发工作；此外有部分赞助商提供资金，预算相对而言较为充裕。可用场地方面，队伍一共拥有四处办公研发场地，一处加工场地和一处调试场地。办公研发场地共有 50 余工位，足以容纳所有队员同时值班；加工场地具有加工玻纤板，切割、钻孔的设备；调试场地具有操作手操作间和按官方场地 1:1 搭建的 4 号高地及公路区，并具有可供测试的前哨站、基地、能量机关等场地图具。人员方面，队伍经过开学招新之后新老队员共计 70 余人，有足够的人力完成预定的全部基本要求和部分进阶要求。

相比非技术资源，我队拥有的技术资源相对比较欠缺，但仍拥有不少可以利用及发展的技术。在上个赛季结束之后，我队有全套达到上场要求的对抗赛机器人阵容，其中英雄、步兵、哨兵可以满足本赛季基本规则需求，工程、飞镖、无人机、雷达在小改之后可以满足本赛季基本规则需求。在有保底的前提下，我们有较多精力可以投入到对机器人的迭代工作中。队伍目前具有的技术积累集中在机械和视觉方面，具备自适应悬挂、中供云台、舵轮底盘、机械臂的设计和制造经验，以及自瞄和导航的研发和调试经验。此外，队伍有较多较为先进的技术正在研发过程中，具体内容可参见 2.4 小节；针对队伍的弱势兵种（工程、飞镖、无人机、雷达），我们查阅了论坛上几乎全部的开源文档，并整理细化成技术参考文档。

#### (2) 队伍赛季规划

根据往年参赛经验结合队伍目前情况，我们将队伍的基础目标制定为每一兵种具有满足 2024 赛季规则基本需求的机器人。考虑到英雄、步兵、哨兵已具备拥有该能力的机器人，工程、飞镖、无人机、雷达在上赛季基础上做出一定修改就可以达到该目标，该基础目标在中期形态考核之前实现的可能性很大。2023 赛季与以往的赛季最大的不同，就是绝大部分队伍在凑齐上场阵容的基础上，拥有 1 至 2 个较为亮眼的兵种，而其他兵种至少可以保证完

成基本任务不拉垮。因此，考虑到参赛队伍的进步速度，我们预计 2024 赛季的区域赛，绝大部分队伍在能够保证全兵种基本功能的基础上，可以实现部分 2022 赛季较顶尖队伍的技术，例如稳定的平衡步兵、精准的能量机关击打能力等，这就对我们的技术发展速度提出了更高需求。因此，进阶目标部分，在保证英雄、步兵、哨兵有备车的基础上，我们预计每个兵种都至少造 1 辆新车，研发诸如英雄三摩擦轮发射、工程自定义控制器取矿、哨兵决策算法等诸多前沿技术，并视具体情况决定上场技术。预计该部分进阶目标约有 60% 可以在区域赛前 1 周实现。

### （3）其他队伍发展情况

制定赛季目标也需要参考其他队伍的发展情况，这里我们以三所具有全国赛成绩的队伍为例：

南京航空航天大学长空御风战队，2023 赛季全国赛六强，在 2023 赛季第一个研制出自定义控制器，在机械和硬件方面具有较多积累。虽然长空御风给人带来最深印象的是飞镖，但他们的英雄和工程的稳定性较好。整体技术水平排在国赛队伍前列。

广东工业大学 DynamicX 战队，2023 赛季全国赛十二强，自研基于 ROS 的无下位机控制框架 `rm_control`，在机械和控制方面具有较多积累。DynamicX 给人最深的印象是敢于研发，重力平衡机构、自研滑环、无下位机控制系统都是出自于他们手中。

西交利物浦大学 GMaster 战队，2023 赛季全国赛三十二强，研制出独特的共轴麦轮步兵，并开源了自研功率控制算法，在机械和控制方面具有较多积累。GMaster 亮眼的地方在于对于机械新构型有很深入的研究，在控制方面也有一定造诣。

考虑以上队伍的综合实力后，我们认为，我们的控制和硬件水平还距离国赛队伍有一定差距，不过机械和视觉水平可以达到去年全国赛十六强队伍的水平，因此今年设定目标为进入全国赛是比较合理的。

## 1.1.2 目标跟踪规划

（1）合理管理与利用队伍目前拥有的非技术资源。积极与学院沟通，争取获得学院更多支持；制定详细合理的招商计划，获得更多赞助商资金支持；对已有的场地进行合理再分配，确保场地得到高效的利用且队员拥有较好的工作环境。新队员入队后，合理安排入队之后承担的任务，增加新队员的参与感；宣传组在队内积极开展团队建设活动，使每一位队员都能融入队伍，进而与其他队员积极交流，减少沟通障碍。

（2）技术上稳中求进，对各兵种已有保底机器人按赛场实际要求进行进一步测试和优化，确

保其能够稳定完成赛季初预定的基本任务；同时对较为先进的技术积极展开研究，并争取达到上场水平，成为赛场上出奇制胜的绝招。

(3) 改良管理体系。基于技术组进行技术交流及储备，基于兵种组进行项目管理。此外，定时召开全员大会，在会上简要同步各兵种组重要项目的进展情况，以此为节点对一段时间内的研发进度进行初步验收，审视与赛季初制定计划是否脱节，若偏离太过严重管理组将及时干预；同时也让全体队员对队伍各项目进展有所了解，加强队内交流。

(4) 积极与其他队伍开展交流活动乃至交流赛，相互促进技术进步；同时通过交流对战对队伍技术进展情况进行直观检验，在实战中发现不足、看到差距，为后续的优化提供方向。截止至赛季规划完稿之时，本赛季我们已经和西交利物浦大学 GMaster 战队和上海工程技术大学木鸢 Birdiebot 战队展开过技术交流，有不少收获。后续我们还将继续和其他队伍开展技术交流活动。

## 1.2 本赛季团队建设目标

(1) 建立分校区的梯队队员培养体系，预期在为期一年的培训周期后能实现约 10 名大一梯队队员到正式队员的转化；

(2) 进一步完善以兵种组为主导的团队架构和管理方式，在约 8 名兵种负责人的牵头下实现对机械组和电控组约 40 名队员的有效管理及合理任务分配；

(3) 全面推行基于飞书搭建的队内交流平台与管理体系，实现对队内约 70 名正式队员的高效管理。

### 1.2.1 目标制定依据

#### (1) 分校区梯队队员培养体系建立

由于同济大学校区分配情况特殊，战队坐落于嘉定校区，战队中相关专业同学普遍在大二时才搬迁至嘉定校区，大一同学第一年全部在四平路校区。而两校区之间距离较远、交通不便，战队在四平路校区开展面向大一同学的培训或活动较为困难，每一次携带机器人前往另一个校区参加活动都需要耗费不少时间精力。所以一方面战队的宣传和各项活动的开展难以覆盖到大一新生，另一方面也有许多对 RoboMaster 赛事心怀向往的大一同学难以充分参与到比赛中来。同时，相较于其他许多战队队员从大一开始接触比赛、大二即成为主力的情况，我队新队员主要在大二相关专业的同学中招募、队伍主力为大二和大三同学，缺少了大一



年的积累，实际的经验储备和备赛时长显得更为欠缺。

因此我们期望在本赛季建立一套完善的梯队队员培养体系，从大一学生中选拔出对比赛和技术心怀热爱的同学作为队伍梯队队员进行培养。这既能提前为大一同学培训相关知识技能、积累专业素养，从而在大二正式入队后能极大缩短他们从技能学习到研发产出的周期；又能为富有技术热情、愿意克服困难坚持完成培训流程的同学提供一个提前参与比赛、学习技术的机会，从而将来在参赛过程中获得更长远的成长进步。

分校区梯队队员培养体系在去年就已经进行了初步尝试，在长达一年的培训及入队考核结束后，一共有 5 名梯队队员转为正式队员加入战队。而在新大二同学参加培训与校内赛的同时，这部分由梯队队员转化而来的正式队员已经能够参与到研发工作中，且整体而言技术水平较为良好，可见我们的尝试取得了较好的成效。因此本赛季我们希望在去年的经验上进一步完善分校区梯队队员培养体系，并尽可能吸引更多大一同学参与其中，本赛季预期招收梯队并最终转化为正式队员数量为 10 名。

## （2）进一步完善以兵种组为主导的团队架构

据我们了解，许多队伍由于人手紧缺，进行研发工作时往往按照不同机器人的相同功能模块进行组别划分，便于将相同的功能模块高效复用到不同兵种上，如底盘组、云台组、发射组。而我们队伍人数上较为充沛，可以为每个兵种都单独配备一套机械和电控的人员，因此从 22 赛季开始我们在机械和电控方向全面推行了以兵种组为单位进行管理的模式。兵种组的职能完全的基于兵种，一切的方案和对兵种的技术更改均由各兵种组提出；每台机器人的研发工作都相对独立开来，由相应的兵种组主导推进，值班时间和工作地点也以兵种组为单位进行安排。而视觉组和硬件组由于技术在不同兵种上的泛用性很强，未按此方式划分，仍照技术组进行管理。根据两个赛季以来的经验，这样的划分方式能够在约 8 名兵种组长的带领下将机械组和电控组多达 30-40 名的队员分配到各个兵种组内分别管理，大大减轻了核心管理层的压力；高度重合的工作时间和地点也使兵种组内机械和电控同学沟通也更为充分，日常测试联调工作的展开也尤为顺畅。

但在过去两年的实践中，这种模式也暴露了一些缺陷。首先，兵种组制度使得人员管理的压力由核心管理层转移到兵种组长身上，因此这种管理模式尤为强调兵种组长的个人能力。具体而言，比较大型的兵种组的人数都在十名以上，这种情况下想做好组内具体到每个技术方向、每个人的任务分配和沟通协调，确保研发进度的同时又需要兼顾新人培养，自然对兵种组长的个人能力提出了非常高的要求，包括技术实力和管理能力。如果兵种组长在任一方

面的能力不够充分，都有可能导致整个兵种赛季最终成果不理想。其次，组内沟通增强的同时不同组间却缺少交流从而更为割裂。我们发现研发过程中有大量共性问题在不同兵种上反复出现，例如 17mm 发射机构卡弹和射击精度问题、轮组悬挂刚度问题等等，却常常因组间沟通缺乏未能及时复用其他组解决问题的经验，浪费了很多时间。最后，人数较少、较弱势的兵种组相较其他人力和技术储备充分的组别，碰到问题时更难获得充分的技术指导，也导致组内的同学研发时感到困难和迷茫，更是导致弱势兵种组的发展受限。

着眼于过去两年兵种组制度下暴露的问题，我们决心要在本赛季针对上述不足对现有制度进行优化和完善，以期建立能够在约 8 名兵种负责人的牵头下对本赛季机械组和电控组共 40 多名队员的合理高效管理制度。

### （3）全面推广基于飞书搭建的队内交流平台与管理体

飞书是一个基于协同办公的企业应用平台，集合了聊天、视频会议、云文档、审批、邮箱、日历等实用功能，在许多知名企业中都得到了充分推崇。企业常常需要完成众多项目，为了达成项目目标而进行项目管理，项目的目标又包含时间、成本、质量三个方面；而我们参加 RoboMaster 比赛，需要在规定的时间、有限的经费条件下，达到研发出全阵容机器人并在赛场上取得好成绩的效果，而这些特质正好与项目目标的三方面不谋而合。因此，在时间和经费有限的情况下，团队的管理必须向企业看齐，尽可能实现各项流程和制度高效化、规范化，才能够取得更大效益，也即在赛场上取得好成绩。因此我们借助飞书这一企业管理工具，作为队内沟通和管理的平台。

我们队伍早在 21 赛季就开始使用飞书软件辅助队内事务，但前几年仅将其作为存放队内资料、进行报销流程的工具，并未真正利用其强大的功能和优秀的软件生态。上赛季结束后，立足于飞书强大便捷的功能与面向学生组织的优惠价格，着眼于队员人数众多、管理压力大的现实情况，贯穿于一贯以来取得理想成绩的终极目标，我们下定决心摒弃传统的 QQ 群形式，将队内的日常交流和管理全面转移到飞书平台上进行，以期能够在多达 70 人的庞大团队内实现点对点、点对面的高效沟通，以及对队内繁多研发项目的有效管理和验收。

## 1.2.2 目标跟踪规划

### （1）分校区梯队队员培养体系建立

在往年的经验积累上逐步建立成体系的梯队队员培养流程，并以文档和资料的形式进行留存。内容包括面向另一个校区的各项宣传介绍活动；面向大一新生难度更缓的培训和

作业任务；相对流程较长的校内赛更精简的入队考核等。

转变工作思路，更重视梯队队员的质量而非数量。从以往经验来看，虽然初期宣传能吸引到大量感兴趣的同学，但活动进行过程中发生了非常严重的人员流失，真正坚持到最后的只有寥寥几人，更多的人只是被机器人酷炫的外表吸引而来，一旦真正开始学习枯燥的技术便会失去兴趣。所以我们不该只着眼于扩大宣传覆盖面，而更应将精力聚焦到具体的每一个真正愿意坚持的同学身上。由老队员保持点对点的联系，定期关注每位同学的学习情况；每个月评估与复盘梯队队员的学习成效，反思我们所做工作的不足之处与改善方向，并及时进行调整。

## （2）进一步完善以兵种组为主导的团队架构

为实现团队建设目标，我们将从以下两个方面针对兵种组制度现存问题进行改善：

将原本定死的兵种组框架调整为更灵活的架构，促进组间人员和技术的流动，从而解决弱势兵种的发展问题和组间交流问题。例如，电控的分组不再严格按照兵种划分，而是按照机器人的不同结构形式分为舵轮组、麦轮组进行学习和调试；飞镖和无人机组的成员同时在英雄、步兵组学习；先在技术和人力资源都更为充沛的大组里进行学习，后续再具体分配到更具体的兵种工作上，从而使新人能在其他组内更丰富的技术储备和经验指导下快速成长，并促进弱势兵种组的技术跟上其他组的脚步。我们将定期与新人沟通了解其学习和参与工作情况，从而评估这一措施是否有对现存问题起到改进效果。

依托飞书平台，将项目从组内任务分配到进度管理、再到成果验收全生命周期的整个流程规范化，从而减少对兵种组长个人能力的依赖。每个兵种组的研发任务都以项目形式提出，用文档的形式说明任务需求、详细内容、关键节点日期、验收指标，并具体关联指派到人，保证每一位同学明确自己的任务。同时，借助飞书多维表格中的甘特图、看板视图等方式对任务进展情况、每个人的完成情况进行追踪。我们首先在英雄组内试点施行这一措施，在基本流程跑通后总结执行过程中出现的问题并进行改善，最后再推广到全队。

## （3）全面推广围绕飞书搭建的队内交流平台与管理体系

在队内沟通方面，考虑到飞书线上交流功能的高效性与实时性，我们已将队内交流平台全面转移到飞书。本赛季不再组建队伍或队内小组的 QQ 群，正式队员确定后便加入飞书组织，原本 QQ 上各个技术组与兵种组群聊的职能也通过飞书的部门功能实现。在队内管理方面，进度上我们利用飞书的各项应用对项目各方面情况进行记录。利用云文档功能进行日常研发项目信息及进展的记录；利用多维表格的甘特图、表单等方式明确每项任务的负责人、参与

人以及时间节点，并据此进行验收。物资管理上，通过飞书共享表单对所有贵重物资进行编号，并记录其使用部署情况、目前状态是否良好以及负责的同学。

我们可以通过飞书后台的数据统计监测到飞书组织内成员的活跃程度、各项功能的使用人数等量化数据，从而对这个目标的推进成效进行评价，包含的所有子目标是否按照预期执行到位；并据此分析还需要额外进行哪些方面的工作确保目标实现。

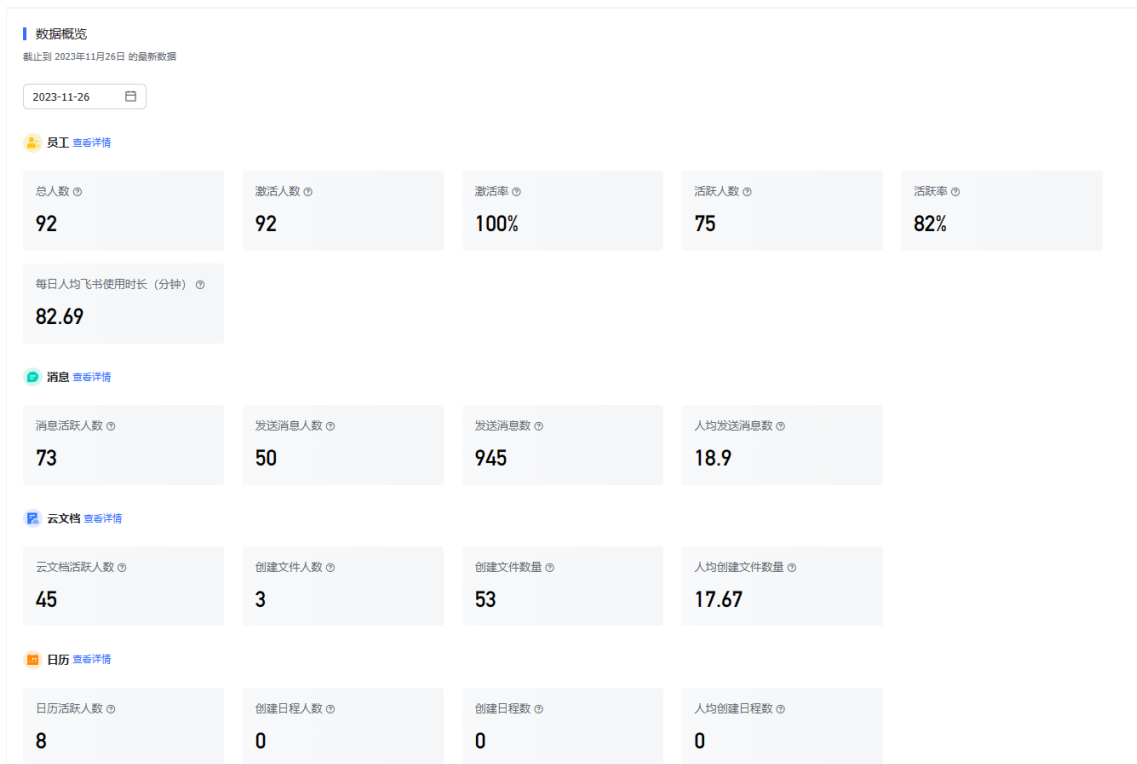


图 1-1 飞书管理后台数据概览

## 1.3 本赛季重大技术突破目标

### (1) 平衡步兵

本赛季内制造出一台稳定性足以应对赛场强度的尺寸紧凑、运动灵活的轮腿式平衡步兵机器人。具体指标包括：能够实现基础平移、旋转运动，能够通过隧道，能够依靠调节腿长自适应地形，能够平稳飞坡，能够跳上 150mm 台阶，具备一定抗撞击能力。

### (2) 哨兵决策算法

由于哨兵规则的改动，本赛季对哨兵行为干涉的代价急剧增加，因此需要开发出一套能使哨兵根据场上局势自动进行巡逻、追击、补给的算法。具体要求包括：开局能自动进攻对面前哨站、在我方前哨站被击毁后及时回到巡逻点、血量不足能自动前去回血等。

### 1.3.1 目标制定依据

#### (1) 平衡步兵

从技术层面来讲，在本赛季前的暑期集训中，我们已经在测试平台上完成了对机器人的平衡控制及基础运动控制，为后续机器人实战能力落地奠定基础。在本赛季伊始的预研发阶段，我们继续在测试用平台上测试实现了机器人的倒地自起和腿长补偿控制，机器人开始具备了基础的比赛能力。在赛季新规则发布后，我们基于测试底盘的维护经验以及新的规则要求，迭代设计了具有更精细尺寸控制和连接保护的底盘图纸，并测试实现了机器人的一定的飞坡以及跳跃能力，但后续仍有待提高。至此，平衡步兵机器人的关键技术基本均已攻克，由此可以期望本赛季完成一台足以应对上场参赛的轮腿式平衡步兵机器人。

从人力层面来讲，新赛季战队招新吸纳了很多更有活力和创造力的新队员，且上赛季多数主力队员如今经验和技能储备均已到位，总体研发环境较上赛季更为适宜，战队可以有更多精力投入到平衡步兵机器人的研发，保证该重大目标的落地实现。

#### (2) 哨兵决策算法

在上个赛季，我们哨兵较好地实现了在云台手给定目标点的情况下自主的导航和避障功能。这个赛季云台手单次干涉哨兵行为从原本的无代价变为 50 金币，因此哨兵需要根据时间和当前局势的变化自动设置目标位置，并将全局规划和局部规划相结合，灵活适应优势进攻和防守反击等战局。参考华农和哈工大的哨兵，利用行为树对哨兵行为规划，结构化和实现哨兵的决策过程。同时加强与西浦、上工程等邻校的交流沟通，通过交流赛博弈的方式寻求更优的决策方案。

### 1.3.2 目标跟踪规划

#### (1) 平衡步兵

基于该特殊兵种组内成员的每周技术讨论和调试，以及不定期的与外校同学的技术交流和反思，推进各项技术研发。

基于飞书平台管理进行专人专项技术验收，并在寒假集训期间进行技术冻结决定，从探索研发全面转向比赛调试，以迎合赛程安排控制机器人全机最终交付节点。

#### (2) 哨兵决策算法

基于飞书平台进行专项技术验收，雷达组负责人参与哨兵决策算法研发并定期探讨并组

织与其他学校的技术交流，在寒假集训前完成基本决策树框架的开发与裁判系统通信调试，在寒假集训期间集中展开对哨兵自主决策算法的测试。

## 2. 项目分析

### 2.1 上赛季项目分析经验

在上赛季的赛季规划中，我们针对不同机器人做出了多项项目规划。赛季结束后我们总结了这些项目的实现效果，并归纳总结出成功项目的成功要素和失败项目带来的反思。

赛季初设定的大部分技术目标最后能够完成并在赛场上发挥预期效果。分析成功原因如下：

- (1) 对于一些技术已经有积累的部分，在原有技术基础上进行改动难度不大。
- (2) 技术负责人较为用心，对技术的进度把控较为到位，并及时解决了研发过程中出现的问题。
- (3) 对于官方技术引导解读较为准确，并根据队伍实际情况调整不同项目投入。

然而，还有很大一部分技术目标由于种种原因未能完成研发，或是实现后未能上场发挥实际作用。分析差异原因如下：

- (1) 赛季初进度计划不够合理，理想进度与实际情况脱节，未能按预定计划执行。
- (2) 技术目标设定不合理，未能成功研发而放弃。
- (3) 技术点与实际需求不契合而弃用。
- (4) 未针对赛场的各种潜在突发情况做好提前预案，导致已实现的技术无法发挥预期效果。

基于上述原因分析，我们总结出以下几点经验：

- (1) 赛季初进行进度规划时全面考虑各方面因素，合理分配各阶段的任务量，并根据实际实现情况及时调整安排；抓住主要矛盾，优先保证重要技术点的稳定实现，不因一个关键技术点的滞后影响后续一系列技术的研发。
- (2) 基于战术需求制定技术目标，而非为了研发而研发。按照“提出战术规划需求→推测所需机器人性能或功能→拆解为子功能→子功能对应技术点”的流程制定技术目标。
- (3) 根据队伍实际情况以及官方技术引导方向，对不同技术，不同兵种的投入各有侧重，把资源用在最需要的地方。
- (4) 着手进行技术点研发前与整个研发流程上下游的所有相关人员进行充分沟通，严谨论证技术点的可行性与实用性，及时终止存在不合理之处的技术研发，防止投入过多沉没成本。

(5) 在备赛阶段尽可能模拟赛场真实情况进行预演，做好各种情况下的预案工作，尽可能保证能够在赛场上将所有的技术与功能发挥出来。

根据以上经验，本赛季我们做出了如下措施：

- (1) 根据往届经验制定本赛季队伍进度规划，具体参考 2.3 小节各兵种进度规划部分。
- (2) 2024 规则发布之后，组织队员们进行规则研讨会，并以兵种组为单位召开组内需求研讨会，根据需求制定本赛季兵种目标，拆分出实现目标所需具体任务之后进行任务分配。
- (3) 落实兵种组制度，各兵种组长作为兵种总项目负责人，对本组的研发方向与工作重心进行把控；在组内项目进展的同时及时与组员沟通，协调组员的时间与项目进度安排，并及时向管理组汇报进展。
- (4) 管理组协调各方资源，根据各兵种组的实际需求，并结合队伍实际情况分配预算及人力资源；面对进度问题尽最大努力解决，包括但不限于求助顾问。
- (5) 积极组织操作手训练，定期开展队内外训练赛，并根据操作手反馈及时解决问题。

## 2.2 新赛季规则解读

### 2.2.1 整体规则改动分析

2024 赛季的规则整体贯彻了“上限提高，向下兼容”和“收益和技术水平正相关”的改动思路。“上限提高，向下兼容”意味着在保证全阵容机器人基本功能的情况下，积极展开本赛季规则利好的技术研究。“收益和技术水平正相关”意味着我们不仅要努力探索新技术，同时最好能够把技术做精做好。因此，无论是积极开发新技术，还是在已有技术的基础上深入优化、增强原有性能，都是官方所提倡的。

2024 赛季规则的整体改动强调了机器人的对抗性和稳定性，更加推崇更新更精更好的技术，也对队伍对规则的解读能力，解读规则后的分析需求能力，得出需求之后的任务拆解能力提出了更高的要求。

接下来我们将从场地改动、机器人改动、机制改动三方面分点进行分析。

### 2.2.2 场地改动分析

2024 赛季的场地改动增加了场地动线，由原有的荒地区常规路线和飞坡路线共两条路线



增加到荒地区、公路区、隧道、飞坡、飞坡落点五条路线。这其中荒地区路线路径最长，也最容易遭受阻击；其他路线则或多或少对机器人的地形适应能力提出了一定需求。场地路线的增多增加了进攻方的进攻路线选择，防守方将疲于应付从各条路线上都可能突然冒出来的敌方机器人。这也为操作手的战略准备和战术设计提出了更高要求。在己方操纵的诸多机器人大多能够使用多条地形的基础上，根据场上局面灵活做出选择，诸如临时调整进攻路线，多条机器人从不同路线夹击等战术设计将在场上更加常见。

为了实现机器人可以利用到这些不同的路线，全阵容机器人需要在飞坡能力、高低差适应能力、隧道适应能力中实现一个乃至多个，这也为需要考虑使用这些路线的机器人所属兵种组的机械设计能力提出更高的要求。

其中，隧道适应能力要求机器人做得尽量小，从而能够实现钻洞乃至在洞中灵活移动以减小被对方堵在洞口击毁的可能。公路区围挡的取消和高度的降低使得从公路区上下到地面上变得风险更小，大部分机器人都可以尝试保证这一能力；而相似地，从地面上到公路区也变得更加容易，能够跳跃的平衡步兵将获得更多优势。

还有一些小幅改动，环高宽度增加意味着在环高出口挡位将变得更加困难，环高上的机器人也将获得更多空间实现小幅快速移动和小陀螺，不再容易被堵在环高上击毁。

### 2.2.3 机器人改动分析

由于机器人的改动会在各兵种的研发项目规划中具体分析，我们在这一小节更多针对因为机器人的规则改动而造成的战术和战略变动进行分析。

- 经济体系的改动意味着拥有较强工程机器人的队伍可以获得大量经济，从而极大丰富自己的战术和战略选择。而工程机器人对于控制精度、执行器运动速度、执行器可达范围和算法鲁棒性的高要求也意味着队伍需要投入一定人力物力全力研发工程机器人。
- 哨兵机器人更加强强调“进可攻，退可守”。哨兵巡逻区增加，哨兵可选择复活、补血、补弹等行为，加上更加复杂的决策如哨兵击打前哨站，哨兵开局前压致对方半场限制对方行动等，都为哨兵决策算法的开发提出了更高需求。可以预见，哨兵机械性能较好，决策算法的可选决策更丰富且鲁棒性更好的队伍，他们的哨兵将成为队伍进攻的核心。
- 场地对于地形的改动对能够适应高低差的机器人更具优势。考虑到平衡步兵自带的适应高低差能力，结合其两块装甲板的防守优势和更快的升级速度，今年平衡步兵在场上仍然具有非常大的优势。同时，结合“收益与技术水平成正比”的观念，改善平衡步兵稳定性，

使其能够正常参战更长的时间，将会给队伍带来极大的优势。

## 2.2.4 机制改动分析

### 2.2.4.1 经济体系

2024 赛季的经济体系基本延续了上赛季的主体框架。获取经济方面，除英雄机器人在狙击点吊射中前哨站装甲板以外，主要的经济增长来源仍然是工程兑换矿石。高等级兑换难度对应的高金币收益和白银、黄金矿工带来的金币收益增长意味着工程机器人较强的队伍可以稳定保证前线作战各种不同需求所需的大量经济。消耗经济方面，远程补弹、回血、立即复活所耗金币量下降，次数改为无限次，云台手可以花费金币干预哨兵行动，这些都意味着大量的经济带来的不仅是战斗力的极大提升，更是战术乃至战略选择上的极大优势。同时，新版经验与等级体系也意味着持续作战的机器人可以获得更高的性能，而机器人的持续作战能力同样需要源源不断的经济来保证。

### 2.2.4.2 经验和等级体系

经验体系修改之后，由原来的 3 级改变为 10 级，经验和等级呈线性关系，而等级又基本和性能呈线性关系。机器人的性能提升更加平滑，等级差距不大的情况下仍有反击可能。现在，发射弹丸，造成伤害，击毁敌方机器人，造成前哨站关键伤害和激活能量机关等行为都可以获得经验，这就意味着机器人在作战中可以不断升经验，从而提升等级也即提升性能。这条改动必将导致 2024 赛季的比赛更加激烈，更加强调积极进攻而非防守反击。此外，击杀高等级目标会给予更多经验，这就意味着队伍可以考虑是否需要集火哨兵或其他高等级机器人，也就意味着在战术配合上可以有更高的需求。

### 2.2.4.3 增益体系

大能量机关进行了小幅修改，提高了击打中高环数时的增益。考虑到击打中高环数的难度极大，因此此条修改对于大部分队伍来说不一定有实际作用，而是提高了技术较强的队伍的上限。相比获得实际的增益，这条改动更像是鼓励队伍进行发射机构和自瞄的极端优化，同样也贯彻了“收益和技术水平正相关”的思路。

此外，准确标定的雷达可以给予敌方机器人中等却又持续的增伤效果，以及 2 次更高额的增伤效果。更高额的增伤效果可以使用在战略价值更高的场合，配合火力集中带走对方重要作战单位。

## 2.2.4.4 半自动兵种

2024 赛季新增了半自动兵种，为场上的战术选择提供了更多可能。半自动步兵和英雄可获得 100% 的额外经验加成，意味着在比赛后期，半自动兵种的性能可以和普通兵种拉开很大差距，成为队伍的输出保障。然而半自动兵种的研发难度不低。从技术栈来看，半自动步兵可以使用大部分上赛季哨兵的技术栈，而半自动英雄和半自动工程还需要投入人力进行其他方向的研究。与此同时，半自动兵种在新的赛场环境和比赛要求中也对导航，建图等技术精度提出了更高的要求。

## 2.2.5 技术方向引导解读

可以看到，官方对 2024 赛季的规则改动处处贯彻“上限提高，向下兼容”和“收益和技术水平正相关”的两个原则。而历年来的规则改动也向我们揭示了官方规则改动的趋势。

官方的主要遵循两条主线：一是鼓励各队伍抛弃平常学习中应付了事的习惯，真正把技术做扎实，做极致，二是鼓励队伍探索与学界前沿相关的各种相关技术，并充分运用所学知识解决遇到的实际工程问题。

可见，诸如发射弹丸、飞镖精准打击目标这类要求机电性能达到极致的内容会被官方推崇，而两个机器人学界的重要研究方向：执行机构规划、避障和复杂环境适应和移动机器人建图、导航和决策，都将以工程机器人和哨兵/半自动兵种为载体，在未来的比赛中得以体现。

## 2.3 研发项目规划

### 2.3.1 步兵机器人

#### 2.3.1.1 规则解读

相较于 23 赛季 RMUC 规则，整体贯彻了“上限提高，向下兼容”和“收益和技术水平正相关”的改动思路。24 赛季鼓励队伍提高步兵机器人的发射精度、鼓励步兵机器人在比赛过程中做出更多行动和决策，同时半自动操作的提出意味着步兵朝向自动化操作发展。

关于发射精度。首先，24 赛季规则对能量机关击打增益做出了修改：低环数击打增益下降，高环数击打增益提高，且环数越高，增益越高。其次，步兵弹速限制统一调整为 30m/s，减少控制难度。这些改动都鼓励队伍追求更高的发射精度。

关于步兵场上行动与决策。首先，步兵升级经验体系得到优化，等级与增益曲线更加平滑。步兵获得经验的渠道得到增加，但同时升级所需的经验大大提升，鼓励步兵在比赛过程中做出更多的行动。其次，24 赛季 RMUC 场地新增隧道，并且在公路区提供多条路线选择，鼓励步兵开发新的战术决策。

关于步兵的发展方向，基于“上限提高，向下兼容”和“收益和技术水平正相关”的改动思路，平衡步兵与半自动操作分别获得 50%、100%的经验加成，鼓励队伍开发更具技术难度的兵种；半自动操作的提出也意味着步兵机器人朝向自动化、自主决策、自主导航发展。

### 2.3.1.2 需求分析

根据 23 赛季步兵机器人的表现，以及“上限提高，向下兼容”的规则改动思路。针对不同底盘类型的步兵机器人分别进行需求分析。对麦轮步兵，着重提高步兵机器人的稳定性，完善步兵机器人的基本功能。对舵轮步兵，着重研发更优的机械结构和控制算法，发挥舵轮的高机动性能。对平衡步兵机器人，着重完成平衡步兵的基本运动性能，实现有效的控制算法。

#### 1、麦轮步兵：

表 2-1 麦轮步兵需求分析

功能	需求	对应任务
底盘控制	在不造成自身伤害的前提下尽可能多地利用底盘功率以及缓冲能量；更精准、响应更快的底盘控制；上坡掉速小	底盘电机更改减速箱；优化底盘功率控制算法；优化底盘控制参数；超级电容迭代；人性化的键鼠端操作
小陀螺	达到 12rad/s	底盘电机更改减速箱；优化底盘功率控制算法
通过隧道	能够快速通过隧道	底盘框架改进；轮组结构改进；缩小云台结构
飞坡	95%飞坡成功率；超级电容需要正常工作；机器人重量控制在 18kg；更新底	线路保护；底盘功率控制；底盘轻量化

	盘功率控制算法	
装甲板自瞄	对 5m 远处装甲板进行稳定识别及跟踪；反小陀螺	发射精度与一致性优化；装甲板识别
激活能量机关	能量机关识别和自动击打，单发响应快，不卡弹	发射精度优化；能量机关识别和自动击打；拨弹盘分流层结构改进；拨弹轮电机双环 PID 控制；打符模式

## 2、舵轮步兵：

表 2-2 舵轮步兵需求分析

功能	需求	对应任务
底盘控制	在不造成自身伤害的前提下尽可能多地利用底盘功率以及缓冲能量；更精准、响应更快的底盘控制；上坡掉速小	底盘电机更改减速箱；优化底盘功率控制算法；优化底盘控制参数；超级电容迭代；人性化的键鼠端操作
小陀螺	达到 12rad/s	小陀螺控制参数优化；底盘电机更改减速箱；优化底盘功率控制算法
通过隧道	能够快速通过隧道；能够在隧道进行小陀螺防守	底盘框架改进；轮组结构改进；缩小云台结构
飞坡	超级电容需要正常工作；机器人重量控制在 18kg；能够飞坡	线路保护；超级电容充放逻辑；超级电容迭代；底盘功率控制；底盘轻量化；轮组结构改进
装甲板自瞄	对 5m 远处装甲板进行稳定识别及跟踪；反小陀螺	发射精度优化；装甲板识别
激活能量机关	能量机关识别和自动击打，单发响应快，不卡弹	发射精度优化；能量机关识别和自动击打；拨弹盘分流层结构改进；拨弹轮电机双环 PID 控制；打符模式

## 3、平衡步兵：

表 2-3 平衡步兵需求分析

功能	需求	对应任务
底盘姿态与运动控制	实现底盘姿态平稳前提下的平移和转向运动；更精准、响应更快的底盘控制；能爬上 30 度斜坡	优化底盘控制算法；优化底盘控制参数；超级电容迭代；人性化的键鼠端操作
倒地保护	实现底盘运动失稳保护及后续自动回复，提高机器人安全性	底盘运动状态观测
打滑检测	应对轮组碾过弹丸情况，提高底盘运动鲁棒性	底盘运动状态观测
通过隧道	能够变形压缩体积快速通过隧道	底盘运动控制；底盘尺寸控制；缩小云台结构
飞坡	95%飞坡成功率；尝试不借助超级电容飞坡；机器人重量控制在 18kg；更新底盘功率控制算法	线路保护；超级电容充放逻辑；超级电容迭代；底盘运动控制；底盘功率控制；底盘轻量化
跳上 150mm 台阶	95%跳上 150mm 台阶成功率；机器人重量控制在 18kg；新增功能底盘控制	线路保护；底盘运动控制；底盘轻量化；人性化的键鼠端操作
装甲板自瞄	对 5m 远处装甲板进行稳定识别及跟踪；反小陀螺	发射精度优化；装甲板识别

## 2.3.1.3 改进方向和工作内容

表 2-4 步兵机器人改进方案分析

组别	机构	问题分析	改进方案
----	----	------	------

机械	底盘	底盘重量大，尺寸大	改进底盘框架布局
		轮组定位精度不够，稳定性差	减重；更改轮组结构和装配方案
		底盘启动慢	改变底盘电机 3508 减速箱
	发射	发射精度有待优化	改变摩擦轮材料；改进枪管转接件结构，保证测速模块的安装精度
		卡弹	改变分流层结构；更改链路结构
	云台	云台高度过高，结构冗余	迭代新版云台
电控	底盘	底盘控制不精准，底盘跟随慢，小陀螺转速慢	调节底盘控制 pid 参数
		底盘功率控制需要改进	使用新的电机功率控制算法
		超级电容充放利用效率低	优化代码逻辑
视觉	自瞄	命中率低	优化装甲板识别距离（从传统轮廓特征到基于神经网络的四点模型）和位姿解算精度（尝试利用装甲板的图案增加关键点的个数）；重点优化反小陀螺击打逻辑；拟合 17mm 弹丸的弹道模型

### 2.3.1.4 任务分工

表 2-5 步兵机器人任务分工

项目	具体内容	资金评估	人员安排
----	------	------	------

底盘尺寸和重量优化	改进麦轮步兵底盘框架布局	800	机械 1 人
轮组结构优化	改进轮组设计并进行轻量化；轮组 3508 更换减速箱	1000	机械 1 人
发射精度测试	搭建 17mm 弹丸发射实验台，测试不同距离弹丸落点散布数据，改变尺寸和不同摩擦轮材料进行测试	800	机械 2 人
解决卡弹问题	改进分流层结构和拨弹轮控制并测试	-	机械 1 人，电控 1 人
云台迭代	优化现有云台结构，迭代新版云台	-	机械 1 人
舵轮步兵机械结构研发	绘制舵轮步兵模型；舵轮步兵实物制作与装配	20000	机械 2 人
平衡步兵研发	优化平衡步兵机械结构；平衡步兵机器人运动学结算和调控	15000	机械 1 人，电控 1 人
调节底盘控制参数	调节底盘控制 pid 参数	-	电控 2 人
调节底盘功率控制	测试底盘功率；尝试新的底盘功率拟合方程，部署新的底盘功率控制算法	-	电控 1 人
代码重构	代码重构，优化代码逻辑，提高可读性	-	电控 1 人



舵轮步兵调试	接线；调试	-	电控 2 人
超级电容迭代	迭代新版超级电容		硬件 2 人
自瞄代码迭代	更新自瞄代码	-	视觉 1 人
能量机关识别和自动击打	识别能量机关并进行自动击打	-	视觉 1 人

### 2.3.1.5 时间节点

表 2-6 步兵机器人工作时间节点

时间	进度
2023/8/14-2023/9/24	优化麦轮步兵云台结构；舵轮步兵建模；平衡步兵调试
2023/9/25-2023/10/28	招新培训、校内赛
2023/10/29-2023/11/10	各技术组进行研发工作
2023/11/11	GMaster 战队交流
2023/11/11-2023/11/25	维护麦轮步兵
2023/11/26	木鸢战队交流赛
2023/11/26-2023/12/23	完成舵轮步兵底盘装配与调控；完成平衡步兵调控；完成麦轮步兵稳定性优化
2024/1/20-2024/1/30	寒假集训；完成测试和调控任务
2024/2/26/-2024/2/28 18:00	中期考核
2024/2-2024/4	进行队内比赛，测试和维护麦轮步兵稳定性；测试舵轮步兵和平衡步兵性能
2024/4/1 18:00-2024/4/3 18:00	完整形态考核

2024/3-2024/4	高校联盟赛（RMUL）
2024/4-2024/5	总结 RMUL，为 RMUC 做准备
2024/5-2024/6	超级对抗赛（RMUC）区域赛
2024/7-2024/8	超级对抗赛（RMUC）复活赛/全国赛

## 2.3.2 英雄机器人

### 2.3.2.1 规则分析

根据 2024 赛季新规则，结合操作手在上一赛季的实战经验与总结出的战术需求，英雄机器人除了需要快速稳定地攻破敌方前哨站之外，还需具有精准的超远吊射能力。此外，应具有一定的地形适应性，以便在场上灵活选择合适的进攻路线或撤退路线。因此，24 赛季研发方向可大致列为两个分支，一是发射机构的迭代优化，二是精简底盘尺寸与结构并做好轻量化设计。

### 2.3.2.2 需求分析

英雄机器人在赛场中对建筑物和机器人的伤害极高，故其研发重点在于发射机构的精度和稳定性。

发射机构的研发难点在于，传统摩擦轮发射是一个具有众多主客观影响因素的瞬态过程，其机械参数难以量化计算，测试时需要严格控制变量才能得到满意的优化效果。因此，其结构设计和实物测试所需投入大量人力、物力成本。

表 2-7 英雄机器人需求分析

功能	需求	对应任务
梯形高地吊射基地	仰角 60° 左右，20m 吊射弹道散布在一个三角装甲板内	云台、发射机构精度控制，增大云台仰角
高越障能力及爬坡性能	底盘轻量化，超级电容组研发	优化结构；电容迭代

	保证底盘重心分布合理	采用中心供弹
底盘功率控制	在不造成自身伤害的前提下尽可能多地利用底盘功率以及缓冲能量	底盘各电机精细化控制，功率控制算法开发，电容开发
近距离击打机器人	俯角 20° 左右，发射响应速度快，不卡弹	拨弹轮卡弹优化，云台发射精度控制，自瞄功能的研发、测试、迭代
公路区吊射前哨站	6m 吊射弹道散布在一个三角装甲板内	云台、发射机构迭代
在环形高地自动击打处于旋转状态的前哨站中部装甲（简称推塔）	快速、省弹	推塔功能的研发（与现有自瞄代码整合，形成 sp_vision 视觉框架）、测试、迭代

### 2.3.2.3 改进/设计思路

在 24 赛季，我们将英雄的优化重点放在发射机构上，首先对 23 赛季英雄机器人进行分析。23 赛季上场的英雄机器人从 21 赛季沿用至今，期间经历多次小改，但仍有弹仓卡弹严重、弹道散布较大、弹速不稳等多个缺陷。针对以上问题，在本赛季我们对逐步排查问题背后的原因，并在制造新车时修改相应机构。

表 2-8 英雄机器人改进方案分析

机构	组别	问题及需求	原因分析	改进方案
发射	机械	弹速不稳	弹丸初速度大小不一致	将 v 型轴承限位改为单发限位，减小弹丸进入摩擦轮初速度
			弹丸初速度方向不一致	减小枪管直径，改进定心方案
			摩擦轮安装架刚度不够，导致摩擦轮间距变动	增加玻纤板支撑刚度
			弹丸直径存在公差，影响摩擦轮压缩量	采用外软内硬双层包胶摩擦轮，包容直径

				公差
		掉速	摩擦轮间距过小	修改摩擦轮间距
			摩擦轮与弹丸接触时摩擦轮掉速，使弹丸获得的总能量减少，速度增量减少	增大摩擦轮转动惯量
		弹道散布过大	弹丸定位精度不够	修改定位凸台、限位方案
			弹速不稳，落点在竖直方向变动较大	见上
			pitch 轴电机精度不够	电控调 PID
			枪管直径不合适，弹丸射出时蹭枪管	修改枪管直径
		卡弹	玻纤板侧面与弹丸接触阻力过大	增加轴承
				电控添加拨弹轮反转
云台	机械	pitch 电机扭矩不足	重力平衡不合适	修改重力平衡机构或更换 pitch 轴电机
底盘	机械	底盘爬坡性能差	重量过重	进行轻量化设计
	电控		功率控制	优化功率控制算法
自瞄	机械	视觉用相机视野受限	相机视场角较小	相机相对枪管向下呈 10 度夹角

	电控	命中率低	云台执行视觉组命令不到位	降低云台控制的稳态误差
	视觉		装甲板识别器不理想	优化装甲板识别距离（从传统轮廓特征到基于神经网络的四点模型）和位姿解算精度（尝试利用装甲板的图案增加关键点的个数）
			击打逻辑有缺陷	重点优化反小陀螺击打逻辑
			弹道模型有缺陷	优化 42mm 弹丸的弹道模型（考虑空气阻力的影响）
	视觉	小电脑离线	派勤小电脑对电压变化过于敏感	换成 NUC
	机械		在运输途中散热片和 CPU 分离	添加减震缓冲装置
推塔	视觉	预测模型收敛较慢	运动模型有缺陷	优化针对前哨站的运动模型（考虑英雄移动所导致的相对速度）
			卡尔曼滤波器参数设置不理想	提高知识水平，调整 Q 矩阵参数

### 2.3.2.4 任务分工

表 2-9 英雄机器人任务分工

项目	具体内容	指标	人员安排
底盘轻量化	更换悬挂、板件代替	底盘总重降到 18kg	机械 1 人

	铝管		
三摩擦轮发射	设计图纸、实物测试	相对双轮发射精度提高	机械 1 人
气动发射	设计图纸、实物测试	相对双轮发射精度提高	机械 1 人，电控 1 人
吊射测试	6m、20m 距离吊射测试	散布缩小至三角装甲板内	机械 1 人，电控 2 人
底盘性能测试	爬坡、越障性能测试		机械 1 人，电控 2 人
中心供弹	将后供弹改为中心供弹	不卡弹	机械 1 人、电控 1 人
电容及功率控制	算法开发	有电容条件下小陀螺速度 10rad/s 以上，尝试飞坡	电控 1 人
自瞄	自瞄功能研发、测试、迭代	和敌方常规步兵相距 3m，我方小陀螺，敌方左右平移 1m/s 或小陀螺 4rad/s 时，命中率能达到 60%	视觉 1 人、电控 1 人
推塔	推塔功能研发、测试、迭代	10 发 42mm 弹丸推掉前哨站，即 80%命中率；从到达环形高地射击点开始计时，应在 30s 内推掉前哨站	视觉 1 人

### 2.3.2.5 时间节点

表 2-10 英雄机器人工作时间节点

组别	时间	进度
机械	2023/8/12-2023/9/8	中心供弹实物验证

		新车底盘图纸绘制
	2023/9/9-2023/9/30	中心供弹迭代，测试第二版
		底盘、轮组图纸审图
		基地模型绘制，实物装配
	2023/10/1-2023/11/30	底盘零件采购、实物装配
		气动云台研发，实物测试
		英雄 6m 吊射测试
		摩擦轮射速测试，限位修改、摩擦轮更换
电控	2023/10/1-2023/11/30	代码维护、进行各种摩擦轮射击测试
	2023/12/1-2024/2/9	代码重构，逻辑梳理，提升可读性
		前馈、ADRC、滤波算法知识梳理与应用
		气动云台射击逻辑编写
		电容及功率控制算法开发
		中心供弹实车布线及航插分电板试验
		整车控制参数调试
		图传链路开发
	2024/2/25-2024/5/1	整车多地形测试
		UI 绘制及调试
		布线优化
		自瞄联调
视觉	2023/11/1-2023/11/30	形成自瞄任务书、编写 sp_vision 视觉框架文档和代码

	2023/12/1-2024/1/31	完善 sp_vision 视觉框架、研发并部署新自瞄 v1、形成前哨站任务书
	2024/1/31-2024/2/25	寒假提高知识水平（主要是阅读 yolo 相关论文）
	2024/2/26-2024/5	研发并联动新自瞄 v2、研发并联动推塔功能

## 2.3.3 工程机器人

### 2.3.3.1 规则分析

工程机器人是赛场上唯一的经济来源，对于整场比赛具有相当高的战略作用。

由本赛季规则手册可以发现，本赛季对于工程机器人的整体改动较大，包括以下方面：

表 2-11 工程机器人相关规则改动分析

修改部分	更改内容
大资源岛	在本赛季，大资源岛的放置位置仍和上赛季相同，位于赛场中央、大能量机关下方，但其结构却发生了较大改变：首先，官方规则取消了金矿石的空接和不规则矿仓下金矿石的获取，取而代之的是包括三条封闭路径的新型大资源岛，其中五块金矿石分别以 2: 1: 2 的数量分布在三个封闭的路径仓的内部，左右两侧的两条封闭路径相对竖直方向各存在 $10^\circ$ 角。其次，金矿石在路径仓内部并非水平放置，而是放置于下嵌深 40mm 的平台上，此外出口处还有三角形障碍块阻碍矿石的取出。综上所述，这一系列不同方面的改动导致金矿石的获取对于机器人的设计和控制提出了更高的要求。
兑换站	相比于上个赛季，本赛季兑换站的改变主要在于兑换难度的提升，本赛季的四级兑换难度已超过上赛季的五级兑换难度，而本赛季的五级兑换难度相较于四级更是难上加难，尤其是 $\theta$ 角度绝对值超过 $90^\circ$ ，对于工程机器人的兑换有着很大的挑战性。
矿石经济	上个赛季银矿石和金矿石之间的经济差距仅为 25 金币，且在分区赛时银矿石数量尚为五个，因此很多队伍仅通过对银矿石的抓取兑换就可以满足需求，导致金矿石往往无人问津。为此，官方在国赛规则下将银矿石数量削减为三个，以迫使更多队伍开发金矿石抓取机构。而在本赛季，官方规则在保留去年国赛银矿石数量的基础上，进一步增大了金矿石和银矿石的兑换经济差距，



	强调了金矿石的重要性。
控制方式	在上个赛季哨兵机器人的首次引入自动控制之后，本赛季对于工程机器人也引入了新的半自动控制方式。与之不同的是，相比于哨兵机器人的强制要求，工程机器人操作手可以在比赛前选择采用传统的手动控制还是全新的半自动控制。值得注意的是，控制难度的提升带来了更高的经济加成，但同时也对于技术有着更高的要求和挑战。
赛场定位	上赛季分区赛期间，工程机器人 500 的高血量以及脱战回血的增益导致很多学校都选择将工程机器人当作“肉盾”，用于战术挡位、掩护。然而到了国赛期间，官方为了抵制这一现象削减了工程机器人的血量，并取消了脱战回血的增益，但仍保留了救援障碍块的存在。而在这个赛季，官方规则则更进一步取消了障碍块，要求工程机器人完全投入到矿石的获取兑换中。尤其对于现行经济体系，金币的作用不断被丰富扩展，获取经济成为了本赛季工程的首要任务甚至唯一任务。

### 2.3.3.2 需求分析

针对本赛季规则体系下工程机器人的定位及我们队伍对于工程机器人要求，工程机器人需求如下：

表 2-12 工程机器人需求分析

需求类型	功能	需求内容
机器人	地形自适应	由于工程机器人在大资源岛进行取矿时需要通过起伏路面，对于工程机器人的稳定性能有着较高的要求，即要求工程机器人的重心稳定在中心位置且拥有合适软硬程度的底盘悬挂。
	取矿	<p>1) 银矿石获取。银矿石位于己方环形高地前方，相对于工程机器人起始位置较近且获取方式较简单。为此，本赛季势必首先保证三块银矿石的获取。</p> <p>2) 金矿石获取。由于本赛季银矿石数量上的减少以及金银矿石之间经济差距的增大，以往仅获取银矿石已然无法满足队伍的需求。因此，为了满足队伍对于经济的需求，本赛季至少需要完成靠近己方两块金矿石的获取。</p> <p>3) 地矿获取。在矿石的获取和兑换中，工程机器人可能会出</p>

需求		现矿石的掉落地面的情况，除此之外，若敌方机器人具备取地矿能力而已方不具备时，就可能会出现敌方机器人“扬矿”的情况。为了解决上述问题，己方工程机器人应该具备获取地矿的能力。
	储矿	为了保证取矿和兑矿的效率，工程机器人应该具有储存两个矿石的能力。
	兑矿	新赛季下，兑换槽相对于上个赛季有了更高的难度，且要求在规定时间内完成矿石的兑换。因此，新赛季的工程机器人在矿石兑换上需要有更大的兑换覆盖空间和更精准的控制响应。
	良好的操作视角	为了协助操作手更好的观察各机构的运动状态以及准确地完成矿石的获取和兑换，固定的云台已然不能满足当下的需求，本赛季工程机器人需要考虑采取多自由度云台或者添加小屏幕的方式来辅助工程机器人更好地完成各项任务。
场地需求	大、小资源岛	赛场环境的搭建有利于操作手进行训练，提升操作手的熟练程度以及检验机器人在真实环境下可能出现的问题。为此，大资源岛和小资源岛的场地搭建，对于本赛季备赛具有重要作用。
	兑换站	矿石的兑换往往是经济获取中最困难的一个环节，然而，本赛季工程机器人还需要在有限的时间内完成矿石的兑换，对于操作手的熟练程度有着很大的要求。为此，搭建一个模拟真实赛场的兑换站帮助工程操作手在备赛期间进行训练，对于工程机器人的快速获取经济十分关键。

### 2.3.3.3 技术分析

针对上述各项需求，我们对各模块技术进行了调研，分析如下：

表 2-13 工程机器人技术分析

功能	机构	优势	缺点
底盘轮系	舵轮	机动性能强，能量利用率高，有相关轮系设计技术积累	占用空间大，质量重，控制复杂

	麦克纳姆轮	运动灵活，空间利用率大，队内有较成熟的轮系设计和控制经验	橡胶滚子易磨损，能量利用率较低，在起伏路面灵活性较差，成本较高
	全向轮	运动灵活，成本较低，控制简单，自旋速度快	环形空间利用率较低 无相关技术积累
末端取矿机构	吸盘	占用空间小、结构简单、空间余量要求少	响应速度慢，真空泵前置末端质量过大，后置气路过长吸力损失过大
结构构型	6R 机械臂（包括超过 6R 的机械臂）	自由度高，对于现行兑换站适应性强，空间占用小	空间利用率低，往往需要通过机械限位来获得更大的工作空间，金矿石获取难度高，设计控制难度大
	前三轴框架+后三轴机械臂	空间利用率高，结构较简单，有较成熟的经验和参考方案，控制精度较高	高等级矿石兑换难度大、直线副关节占用空间多
翻矿机构	摩擦轮翻转	转矿速度快、效率高	需要额外单独设计，占用空间
	机械臂吸取	不需要额外设计机构	效率较低、需要依赖地面作业
自定义控制器	机械映射	精度高	结构复杂、制造困难、不方便携带
	视觉映射	结构小巧、方便携带、精度较高	代码实现复杂、稳定性较差

### 2.3.3.4 改进方向和工作内容

针对上述需求以及技术分析，结合队伍基础，对于下赛季工程机器人，作出以下改进方向：

表 2-14 工程机器人改进方案分析

组别	改进对象	需求内容
机械	底盘	结构稳定，重量合理，降低工程机器人的重心高度，确保工程机器人在运动时不发生翻车
		缩短悬挂运动行程、选择软硬程度合适的悬挂，保证工程机器人稳定性
		合理布置底盘结构，尽可能给底盘有更多空间来布置其它元器件
		底盘结构快拆以及轻量化处理，方便底盘的检修更换以及增强底盘的机动性能
		底盘处设置可翻转 $10^{\circ}$ 角机构，便于 $10^{\circ}$ 斜角金矿石的获取和矿石的兑换
	前三轴框架	结构稳定、重量合理、满足规则下空间需求
		通过拓扑优化，满足结构轻量化要求，提高机构灵活性
	后四轴小臂	结构稳定、旋转关节布置合理，满足规则下工作空间要求
		轻量化处理，对于关键结构件进行校核
	电控	自定义控制器
通过图传链路实现工程位姿变化的传递		
将位姿变化转化为速度变化，并作为机械臂末端的速度输入量，利用雅可比矩阵计算出各个关节的转动量		
视觉	视觉辅助兑矿	通过深度相机识别兑换站的四个角点
		利用 pnp 解算出兑换站的位姿
硬件	布线	线路通畅、不发生干涉
		线路布置模块化处理，多处设置分电板，避免线路过长

	直线副使用拖链来进行走线，拖链固定稳定、运行正常
	电子元器件尽量下置后置，保证重心稳定
	线路整洁、优雅，便于排查检修

### 2.3.3.5 任务分工

表 2-15 工程机器人任务分工

具体工作	资源需求	人员技术要求	负责人员	资金评估
底盘	3508 电机 X4、机加工件、轮组等	SW 建模、轴系设计、动力学仿真	陆佳豪	4000
前三轴框架	3508 电机 X5、机加工件、滑轨滑块等	SW 建模、直线副传动机构设计	吴欣雨、卢仕航	4000
后四轴小臂	达妙电机 X2，2006 电机 X2，机加工件等	SW 建模、轴系设计、差动齿轮设计	韦葳安	3000
大资源岛	型铝、木板、亚克力板等	SW 建模、型铝连接加工使用	李伟华	600
小资源岛	型铝、玻纤板等	SW 建模、型铝连接加工使用	叶风云	200
兑换站	电脑支架、玻纤板、LED 灯等	SW 建模、电路布置、电线焊接	卢仕航	200
电气路布置	真空泵、电磁阀、电子元件等	电子元器件使用、电路布置、电线焊接	卜发扬	500

自定义控制器	OAK 相机、树莓派等	熟悉电控编程和控制算法	李元诚、罗子铖	3500
视觉识别	OAK 相机、兑换站、矿石等	熟悉 C++和 python 编程、熟练使用 opencv	李元诚	1000
sp-control 开发	—	熟练掌握 C++编程	罗子铖	—

### 2.3.3.6 时间节点

表 2-16 工程机器人工作时间节点

组别	时间节点	进度安排
机械	2023/10/31—2023/11/21	锥齿轮差动方案完成设计和验证
		完成小资源岛建模设计
		完成大资源岛建模设计
		完成兑换站建模设计
		完成后四轴验证方案设计
	2023/11/22—2023/12/06	完成后四轴验证方案实物装配
		完成小资源岛实物装配
		完成大资源岛实物装配
		完成兑换站实物装配及电路连接
	2023/12/07—2023/12/14	完成底盘建模设计
		完成前三轴框架建模设计
	2023/12/14—2023/12/21	完成云台建模设计及小屏幕放置
完成矿石仓建模设计		

		对第一版模型进行审图修改
	2023/12/22—2023/12/30	完成整车零件采购
	2024/1/20—2024/1/27	完成整车实物装配
	2024/2/16—2024/3/11	对于实机问题进行迭代优化
电控	2023/10/31—2024/2/16	完成 sp-control 的编写与开发
	2024/3/1—2024/3/22	完成整车 PID 的调试
	2024/2/16—2024/2/23	工程键鼠键位
	2024/2/24—2024/3/2	遥控器控制验证
	2024/3/22—2024/4/12	视控联调自定义控制器
视觉	2023/10/31—2023/12/21	完成视觉里程计的代码开发
	2024/2/16—2024/3/22	完成自定义控制器外壳搭建
	2024/10/31—2024/12/21	完成兑换站识别辅助兑矿代码构建
硬件	2023/10/31—2023/11/21	完成工程机器人气路搭建及验证
	2023/11/21—2023/12/05	完成电路拓扑图
	2024/2/16—2024/3/1	完成电路布线

## 2.3.4 哨兵机器人

### 2.3.4.1 规则解读

基于 23 赛季哨兵的改动，24 赛季希望哨兵具有更高的自动化程度：通过增加金币消耗机制，引导参赛队伍研发更加智能的哨兵。巡逻区的增加，补血点回复机制，复活机制，买弹机制等等，都给予了哨兵在赛场上发挥不同作用的可能。作为开场即颠峰的自动机器人，哨兵可以主动出击，发挥火力的绝对压制；然而哨兵被击杀也会为对方机器人贡献巨大的经验加成。在新赛季中，本队伍以及对方队伍的实际情况、比赛时间、哨兵机器人的实时数据、雷达的侦测数据、自瞄的检测数据等都应作为哨兵决策应该考虑的条件，尽量减少云台手的

干预。这一方面能减小队伍经济压力，另一方面也为未来赛季完全取消操作手与哨兵通信这一可能情况做好预案。

### 2.3.4.2 需求分析

23 赛季在哨兵组成员的通力合作下，哨兵已经具有一定的技术积累，并且在赛场也发挥了亮眼的表现。但同时，由于上赛季哨兵改动较大，哨兵也存在着以下亟待优化的部分。同时，新赛季规则也为哨兵机器人提出了新的功能需求。

表 2-17 哨兵机器人需求分析

功能	需求	对应任务
智能自主决策	哨兵机器人作为全自动机器人，需要实现智能自主决策。具体而言，智能表示机器人可以根据队伍情况，比赛数据，传感器数据等做出最优的决策；自主表示机器人可以在脱离云台手操作的情况下实现决策。	基于规则以及队伍实际情况编写哨兵决策树；根据可能出现的节点进行可行性分析及优先级判定；基于编写的决策树进行实际验证，确保逻辑始终正确。除此之外，也需给予云台手操作的权限，开发多种模式。
全向感知	改进哨兵机器人在寻敌扫描时难以快速识别并打击敌方单位、视野盲区较大的不足。目标是可以有效，迅速地对 360° 可感知范围内的敌方单位进行打击，充分发挥哨兵机器人强大的火力压制优势。	搭载多个摄像头，增大机器人的视野。 接收雷达的数据，根据雷达返回的敌方单位信息，判断是否进行导航打击。
全地形通过	实现哨兵机器人在赛场地图环境下的全地形通过能力。具体地包括陡坡、起伏路段等；同时也需保证云台的稳定。	机械：设计底盘自适应悬挂，提高哨兵机器人的减震能力。 电控：优化哨兵机器人功率控制代码，实现对哨兵机器人 100w 功率的最大有效利用，确保机器人在陡坡上能够具有足够的动力。



<p>机器人建图、定位与导航</p>	<p>作为全自动机器人，哨兵只有具有建图定位导航的能力，才能充分发挥自身高数值的优势。需要实现机器人建立赛场地图、机器人在赛场中的实时定位、基于地图与点云信息的自主导航与避障。</p>	<p>算法：培养新人熟悉掌握已有导航框架，实现对导航框架的维护。</p> <p>联调：实现导航，电控与策略，视觉的联调。</p>
<p>哨兵速推前哨站</p>	<p>哨兵具有较高的火力输出，具备速推前哨站的能力。虽然新赛季哨兵补弹需要花费金币，但需作为哨兵技术点，防止比赛期间英雄机器人出现意外而无法摧毁前哨站的情况</p>	<p>机械：保证机器人具有较高的仰角，保证弹链系统顺滑，不卡弹；</p> <p>视觉：实现自动识别定位装甲板；</p> <p>电控：基于视觉信号实现自动开火。</p>
<p>巡逻区对敌有效打击</p>	<p>哨兵处于巡逻区时，可以对可感知范围的敌人做出有效打击。具体地，当哨兵位于环高等高地势的巡逻区时，确保机器人能够具有足够的俯角，确保可以扫描并击打处于低地势的地方单位。同理，处于低地势时也需要保证足够的仰角，能够对高地势的敌方单位造成有效打击。</p>	<p>机械：合理设计云台结构，保证机器人具有足够的俯仰角；采用双枪管发射机构，确保哨兵机器人的火力。</p> <p>电控：编写并测试哨兵机器人的扫描策略。实现自适应扫描，与哨兵决策树的关联，合理控制扫描的速率与角度。最大程度保证哨兵的扫描的效率。</p> <p>视觉：编写高效强大的自瞄程序。</p>
<p>机器人有效防御</p>	<p>在新赛季，哨兵机器人被击杀会导致基地护甲展开，同时会为敌方单位贡献大量经验值，哨兵复活后还需主动解锁发射机构，可以说，哨兵机器人的阵亡，对于队伍来说是致命</p>	<p>机械：改用高低装甲板方案；设计全保护车壳。</p> <p>电控：基于哨兵机器人的实际结构，编写相应的防御策略，具体地如变速小陀螺等。</p>

	<p>性的。为此，哨兵机器人需要具备防御手段，干扰对方机器人的击打。同时，哨兵机器人也需要为物理弹丸的击打做好防护。</p>	<p>算法：基于赛场情况自主做出决策。</p>
--	----------------------------------------------------------------	-------------------------

### 2.3.4.3 改进方向和工作内容

针对新赛季规则与上赛季哨兵机器人存在的不足，我们新赛季哨兵的改进方向与工作内容如下图所示：

表 2-18 哨兵机器人改进方案分析

机构	组别	问题分析	改进方案
底盘	机械	<p>地形适应能力差，上赛季为了稳定性取消了悬挂设计。</p>	<p>就舵轮步兵悬挂设计，结合哨兵底盘大小限制开发舵轮轮系悬挂；并且开始对自适应悬挂的设计。</p>
		<p>舵轮轮系重量过大控制效果不佳。</p>	<p>对舵轮轮系进行了再设计以及轻量化。</p>
		<p>底盘保护壳设计缺陷，曾导致17mm小弹丸击中装甲板连接线。</p>	<p>重新设计了底盘保护壳，加强了细节处的保护。</p>
	电控	<p>舵轮控制效果较差，小陀螺平移时出现转速下降。</p>	<p>重新编写控制代码；采用前馈控制；基于系统辨识整定控制器系数；优化控制器系数；</p>
		<p>底盘功率限制代码优化。由于上赛季哨兵机器人底盘功率上限较高，机器人功率限制需求较低。新赛季哨兵机器人底盘功率降低，在诸如上坡，防御时可能会出现运动缓慢或是功率超限的情况。</p>	<p>辨识电机模型，实现对电机功率的预测；基于舵轮优化功率控制策略；实地进行测试，找到最优化的控制策略。</p>
		<p>上赛季哨兵机器人并未有完善的防御程序。机器人防御时只会恒</p>	<p>编写哨兵防御模式。具体地希望实现底盘的不规则移动，最大程</p>

		转速自旋。容易被敌方单位击杀。	度干扰敌方机器人的自瞄/手瞄击打。
	算法	机器人避障优化。机器人在遇到障碍时，会急刹或者立刻换向，产生较大的加速度，给机器人造成较大的冲击。	优化机器人导航的局部路径规划器。
云台	机械	yaw 轴质量分布不均，转动惯量大；并且重心高，在行进过程中可能有不稳。	重新布置了 yaw 轴上各个部件的位置，比如将小电脑布置在了 yaw 轴枪管方向，并且用 MID-360 数据线和稳压等做配重，在一定程度上平衡弹仓的重量以及降低云台重心。
		pitch 轴无重力补偿，容易造成 pitch 驱动电机过热。	增加了重力补偿设计。
		yaw 轴维修困难	在新版哨兵中重新设计了 yaw 轴驱动的同轴带轮，使其更方便拆卸维修。
	电控	云台响应优化。由于云台惯量较大，在自瞄寻敌时出现响应较慢导致丢失目标。	优化云台 pid。与自瞄联调，提高机器人自瞄射击命中率。
		哨兵机器人 yaw 轴采用 1:2 减速比，哨兵机器人阵亡复活后会出现云台相对角度定位问题，基于电机码盘值会出现两个可能解。	目前并未采用过 yaw 轴编码器，1:2 的减速比拟通过不掉电的 imu 数据进行规整。新车在减小云台转动惯量的前提下，拟采用 1:1 的传动比。
		由于机器人弹丸载量大。在机器人满载与空载的情况下，机器人的云台惯量差距较大，造成控制指标上的下降。	改变控制策略。考虑在原始串级 pid 的基础上尝试前馈，模糊 pid，adrc 控制等。
		枪管安装精度有问题，在一定程	增加了安装过程中对精度考虑，

射击	机械	度上影响了射击精度。	并且在发射机构中补上了枪管对心设计。
		拨弹轮间或的卡弹问题。	继续对拨弹轮进行打弹测试，并且继续迭代分流层设计。
		发射机构缺少单发限位，实际使用工况下存在尿弹现象。	改进设计中重新加回单发限位并且反复测试微调。
	电控	在发射弹丸时摩擦轮会发生掉速，影响弹丸散布，降低击打命中率。	在调整摩擦轮 pid 系数的基础上考虑尝试双摩擦轮电机的耦合控制，确保转速一致性。
		拨弹轮控制较差，单发不稳定。考虑后续的击打前哨战任务以及后续可能的打符任务，还需要进一步优化。	尝试更改拨弹轮控制逻辑，在原有单环的基础上设计双环控制，提高系统的稳定性。
	算法	目前哨兵开火逻辑虽然是由上位机控制，但会联动效果一般，且并未考虑开火时机。会造成弹丸的浪费。	基于自瞄识别的结果，以及发射结构的延迟时间，动态规划哨兵的开火时机。
哨兵自瞄算法偶尔会发生不稳定的情况，排查原因时数据的时间不同步导致的。会造成自瞄失效，抖动严重。		排查问题的原因，更换硬件设备，多次测试，确保问题解决。	

### 2.3.4.4 任务分工

表 2-19 哨兵机器人任务分工

具体工作	资源需求	技能需求	负责人员	资金评估 (不涉及已有物资)
底盘控制优化，确保舵	舵轮哨兵	了解哨兵底盘代码框架；轮组的控制逻辑；了解	电控 2 人	-

轮小陀螺移动的丝滑，不掉速。		pid 整定流程；了解前馈控制。		
自瞄命中优化，测试哨兵自瞄击打小陀螺，击打平移目标时的命中率并以此为基础进行优化。	舵轮哨兵，步兵靶机，17mm 小弹丸。	了解哨兵自瞄框架；了解哨兵射击框架；了解 pid 整定流程；熟悉裁系统使用；熟悉弹链结构，懂得如何解决卡弹。	电控 1 人，视觉 1 人，机械 1 人	-
摩擦轮掉速优化。保证摩擦轮在发射完弹丸后的转速降尽可能小，同时尽可能保证两摩擦轮转速的一致性。	舵轮哨兵，17mm 小弹丸。	了解哨兵射击框架；了解串口调试助手的使用；了解弹链的结构，懂得如何快速解决卡弹的问题。	电控 1 人，机械 1 人。	-
舵轮底盘功率控制。	舵轮哨兵、功率检测板。	了解电机模型、掌握多种数据拟合方法	电控 1 人、硬件 1 人	200
哨兵 v4.0 重装云台搭建	23 赛季舵轮哨兵底盘，发射机构；标准件等（上赛季已完成备件）。	完成哨兵备车搭建，满足基本赛场需求	机械 2 人	700
减速箱测试	原装 3508 减速箱；步兵 3 号底盘。	搭建满足测试需求的底盘并且协助测试	机械 1 人	530

拨弹轮，弹链测试以及发射机构，单发限位测试	3D 打印机及耗材；17mm 小弹丸；哨兵云台	迭代机械结构，协助电控测试	机械 1 人	0
v5.0 新哨兵设计	-	设计并且初步优化符合需求的 24 赛季哨兵新车	机械 3 人	0

### 2.3.3.5 时间节点

表 2-20 哨兵机器人工作时间节点

组别	时间节点	进度安排
机械	2023/9/1—2023/10/1	新人培训
		舵轮轮系设计
		v4.0 重装云台搭建
		哨兵 v5.0 云台结构设计
	2023/10/1—2023/11/30	拨弹轮测试以及迭代
		哨兵舵轮底盘悬挂设计
		发射机构对心设计以及荧光充能位置再设计
		v5.0pitch 轴设计
		自适应悬挂开发
		1: 14 减速箱测试底盘搭建
		底盘吸能保险杠初步设计
		弹链对 Mid-360 激光雷达干扰测试
		传动结构 v3.0 设计

		v4.0 重装云台维护
		自制减速箱研发开始
	2023/12/01—2023/12/14	v5.0 弹舱草图细化
		拨弹轮供弹能力测试以及长弹链卡弹测试
		v5.0 整车出图
	2023/12/14—2023/12/30	预计完成减速箱设计
		自制减速箱测试
		对第一版模型进行审图修改
		完成整车零件采购
	2024/1/20—2024/1/27	完成整车实物装配
2024/2/16—2024/3/11	对于实机问题进行迭代优化	
电控	2023/9/1—2024/10/1	新人培训
	2023/10/1—2023/10/31	完成舵轮底盘代码重构
		完成云台代码重构
	2023/11/1—2023/11/30	修复底盘运动学解算异常问题
		优化发射机构打弹逻辑
	2023/12/1—2023/12/31	拟合电机模型、完成功率限制的基本搭建
		优化摩擦轮控制逻辑、解决摩擦轮掉速问题
	2024/1/1—2024/2/16	完成整体代码的功能性测试
	2024/2/17—2024/3/17	开发 SP_Control 哨兵代码，并尝试部署
		部署传统电控代码到新哨兵

	2024/3/18–2024/4/30	针对联盟赛进行测试
	2024/5/1–2024/6	修复联盟赛出现的问题，并针对联盟赛进行测试
算法	2023/10/31—2024/2/16	完成哨兵行为树的基本搭建
		优化哨兵自主导航部分代码
		完成哨兵全向感知方案
	2024/2/17—2024/3/31	部署自瞄功能并完成测试
	2024/4/1—2024/5/31	优化哨兵自动行为
硬件	2023/10/1—2023/10/31	完成重装哨兵的电路布线
	2023/11/21—2023/12	完成电路拓扑图
	2024/2/16—2024/4/1	部署超级电容

## 2.3.5 空中机器人

### 2.3.5.1 规则解读

24 赛季的空中机器人在比赛规则和制作规范上并没有较大改动，这对于无人机断代过的我们来说是一个很好的补足短板弥补差距的机会。唯一值得关注的改动在于无人机的冷却时间缩短，空中支援时长增加，更是降低了对空中机器人的限制，给予空中机器人更大的发挥空间。无人机所需具备的特征简要来说就是三个词：长续航、稳悬停、急火力。

### 2.3.5.2 资源归纳

#### 1) 开源汇总

我们调研了 RM 论坛的开源方案，并选取动力系统和供电作为无人机的关键特征，整理形成如下表格：

表 2-21 空中机器人开源汇总

学校	动力方案	供电方案	特点
----	------	------	----



太原科技大学	四轴 P80III 28 寸 桨	4*TB48S	榫卯定位、分电板电池架一 体减重
东北大学	六轴 E2000	6*TB47S	动力足、稳定悬停、连发弹 道一致
南京航空航天大学	四轴朗宇 7210 kv100	4*TB47S	大弹仓、高刚度、理论分析 测试充分
桂林电子科技大学	六轴 M600 成品机 架	6*TB47S	成本高
北京理工大学珠海学 院	四轴好盈 X6 电机	6*TB47S	电池直焊, BUCK 电路降压 供电

## 2) 场地需求

上赛季无人机由于没有合适测试场地的问题,很大程度上耽误了飞手考核的进度,因此今年无人机组的同学在学校内多次踩点,找到了若干合适的场地。无人机的调试场地需要在开阔的场所,室外环境可以选择无风的操场或网球场;室内环境可以选择机械学院、汽车学院实验库房、仰望星空 4 楼等。

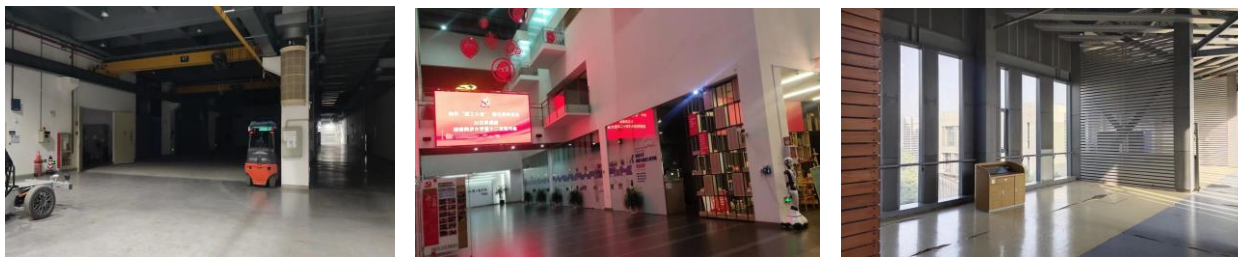


图 2-1 无人机场地

## 3) 物资需求

主要硬件设备: 达妙 DMJ4310、GM6020、M3508\*2、M2006\*1、迈德威视工业相机\*1、NUC8\*1

官方物资: TB48S 电池及电池架\*4、主控模块\*1、电源管理模块\*1

### 2.3.5.3 技术需求

表 2-22 空中机器人需求分析

功能	需求分析	设计思路
----	------	------

长续航	持久的续航可以保证无人机的飞行时间	对无人机动力系统建模，计算总重、电池与无人机续航时间关系，得出重量限制和电池选型
稳悬停	稳定悬停有助于图传视角索敌并提升自瞄效果	飞手多加练习飞控使用，尽早使用模拟器训练，熟悉起飞流程
急火力	高频高弹速可以充分发挥无人机无热量限制的优势	结合队伍步兵拨弹轮积累，优化设计无人机拨盘和弹链，使用 M3508 闭环控制摩擦轮
准打击	恐怖的弹雨精确命中到任何一个敌方单位上都是致命的	无人机自身机构设计时不可对发射机构和相机有任何遮挡，稳定连发模式下的弹速，建立自瞄弹道模型

### 2.3.5.4 改进方向

表 2-23 空中机器人改进分析

组别	改进对象	改进内容
机械	机架	保证刚度的前提下尽可能减重，通过适当镂空实现轻量化，多采用碳纤维结构，电池架去掉开关并从整体设计；起落架保持可开合的特性，防止遮挡视野；机臂采用 5° 的上反角提高无人机的静 roll 轴稳定性和前进恢复力稳定性
	云台	yaw 轴采用 GM6020 更加稳定，pitch 轴采用达妙 DMJ4310 力矩更大且更轻，优化 PID 参数获得更好的摩擦轮转速回归值
	桨保	23 赛季并未制造出合规桨保，从材料选型上可考虑更为结实的尼龙；桨保的刚度要高，可通过在两层桨保之间加入玻纤条实现
	一致性	提升无人机的装配精度，保证电机工作状态的一致性，安装机臂和电机时，使用水平仪校准，特殊部位外包加工提升精度；电池使用同一批次的 TB48S 电池，并标记好无人机专用记号

电控	自稳云台	拨弹轮电机采用去掉减速箱的 M3508，可实现闭环控制
视觉	稳定自瞄	迁移步兵自瞄，并结合无人机视角场景修改相应装甲板图案筛选条件（如前哨站图案是向下的）

### 2.3.5.5 任务分工

表 2-24 空中机器人任务分工

项目	具体任务	资金评估	人员安排
云台迭代	更换电机选型，并对云台进行重新设计，进行供弹链路的优化	1300	陈星好
机架设计	电池竖置，添置 1500 容量弹仓	5000	陈星好、韦葳安
电器布线	绘制电器线路图，调试飞控	100	韦葳安、于浩哲
云台调试	解耦单独调试云台的一组电机，连发不卡弹；耦合机架，稳定发射	-	向俊龙
自瞄部署	使用迈德卫视相机和 NUC8 部署自瞄算法	-	于浩哲
飞手训练	使用简易四轴无人机飞行训练，下载 DRL 穿越机飞行模拟器，提升飞行经验，最后使用大疆飞控调试空中机器人	-	陈星好、韦葳安

### 2.3.5.6 时间节点

表 2-25 空中机器人工作时间节点

组别	时间	进度
机械	2023/8/12-2023/11/4	新人培训与分组，初步确认分工
	2023/11/5-2023/12/3	搜集无人机相关书籍资料与开源资料，加入 RM 无人机交流群

		在新电池规则未发布的情况下，进行云台第一版图纸设计
	2023/12/4-2023/12/31	进行第一次审图修改，打印测试验证
		机械设计方面，在 23 赛季基础上改进机架，结合电池新规则使用 Matlab 进行参数性能验证确认电池选型与机架方案
		设计桨保
		替换 23 赛季无人机老化结构部件，作为备选保底框架
	2024/1/1-2024/1/31	完成机架图纸迭代，并在寒假集训前一周进行零部件的准备
		完成新无人机的初步组装测试
		替换 23 赛季无人机老化结构部件，作为备选保底框架
	2024/1/5-2024/2/25	积累测试数据，数据分析，完成中期考核视频拍摄
	2024/2/26-2024/5/1	提高发射机构精度，机架结构刚度，准备备用材料
电控	2023/12/16-2023/11/4	新人培训与分组，初步确认分工
	2023/11/5-2023/12/3	搜集无人机相关书籍资料与开源资料，加入 RM 无人机交流群
		绘制无人机上层电路电器布线图
	2023/12/4-2023/1/31	从零搭建无人机电控代码
		确认云台偏转范围，调试无人机云台电机
发弹测试，不卡弹，弹速稳定，弹道一致		
飞手	2023/11/5-2023/12/15	练习 DJI N3 飞控调试

	2023/12/16-2023/1/31	练习简易/DJI 四轴无人机飞行器
		使用 DRL 无人机飞行模拟器进行练习
		完成第一次试飞
	2023/2/1-2023/5/1	空中机器人飞行飞行练习
视觉	2023/8/12-2023/11/4	新人培训与分组，初步确认分工
	2023/9/10-2023/12/31	无人机硬件选型
		图像处理与目标识别基础知识储备
		滤波与目标跟踪
	2023/1/1-2023/1/31	视电联调，耦合优化效果
2023/2/1-2023/5/1	深入学习《从 ROS1 到 ROS2 无人机编程实战指南》与《多旋翼无人飞行器设计与控制》，并进行电控 ROS 迁移，优化无人机性能	

## 2.3.6 飞镖系统

### 2.3.6.1 规则分析

经过几个赛季的沉淀，很多强队的飞镖兵种已趋于成熟，已经能实现较高概率击中前哨站甚至基地的效果。以往偶尔才会命中直接奠定比赛局势的情况已不复存在，如今飞镖对前哨站带来的毁灭性打击必须纳入战术布置的考量。

本赛季规则在往年的基础上发生了重大改动，新增了击打随机目标的选择，基地的飞镖检测模块可以移动到随机位置，一旦命中就将造成巨额的伤害并为敌方造成非常夸张的负面效果，基本能够直接奠定比赛胜负。这样高风险高回报的机制无疑是极大地鼓励飞镖技术较为成熟的队伍大力发展制导飞镖技术；与此同时并未削弱前几个赛季飞镖击打固定目标的效果，保留了一定的下限，亦是鼓励没有条件做制导镖的队伍在传统非制导镖上发展。

### 2.3.6.2 需求分析

我队的飞镖兵种并不强势，上赛季我队飞镖架仍存在许多问题，包括镖体一致性差、飞镖

发射架刚性不足等，且仅有 Pitch 自由度而没有 Yaw 自由度。因此本赛季的主要目标仍是对非制导镖进行优化改进，有余力的情况下再研究制导镖作为技术储备。分析得本赛季预期功能及对应各项需求如下：

表 2-26 飞镖系统需求分析

功能	需求
飞镖稳定装填	飞镖装填机构稳定工作、精准装填，不发生卡镖
飞镖精准击打	飞镖体设计符合空气动力学原理，相互之间参数差异小、一致性高
	飞镖架稳定可靠，不因飞镖发射产生振动、偏移
	飞镖发射机构稳定，能为飞镖提供一致的初速度和发射方向
飞镖击打目标切换	飞镖架具有 yaw 自由度
	Yaw 轴转动到相应角度即锁死，不会因其他作用力发生变化
	摩擦轮转速可调

### 2.3.6.3 改进思路

针对上赛季存在的问题，综合评估了我队的技术、人力及实际需求，参考其他队伍的开源资料后，我们确定了本赛季飞镖系统的改进思路如下：

表 2-27 飞镖系统改进分析

模块	组别	问题及需求	改进思路
飞镖体	机械	一致性差	(1) 微调尺寸公差，尽可能保证镖体各部分结构配合紧密、装配误差小，不会出现晃动。
			(2) 改进电池和开关的布置方式，保证电子元件在镖体中的位置固定，从而使不同镖体的质量和重心尽可能一致。

			(3) 改进飞镖体制作工艺, 提高打印精度, 保证不同飞镖之间质量差异在 1g 以内。
		飞镖翼易损坏	将飞镖翼由木板更换为可靠性和精度都更高的碳板。
		结构设计不合理	(1) 学习导弹设计原理、飞行器设计原理的知识, 对镖体和飞镖翼的构型进行优化
			(2) 在镖体前部增加配重铅块, 使飞镖重心靠前, 从而保证压心在重心之后。
发射机构	机械	发射精度提高	仍沿用前几个赛季的三组摩擦轮发射方案, 将进行大量测试, 尝试更换损耗摩擦轮、改变摩擦轮材质从而提高初速度稳定性
	电控	改善摩擦轮控制效果	优化 PID 参数获得更好的摩擦轮转速回归。
		量化分析测试结果	通过串口绘制多条摩擦轮转速曲线观察不同摩擦轮转速一致性, 并通过曲线观察每个摩擦轮的掉速情况, 从而量化分析影响发射精度的原因。
		编写不同电控模式, 方便测试与调试	为飞镖架编写不同电控模式, 通过遥控器拨杆切换: ①发射模式: 仅有此模式下可以发射飞镖, 镖架将锁死在其他模式下确定的姿态, 由遥控器控制发射。 ②安全保护: 非发射模式下, 飞镖架无法发射飞镖, 避免调试与比赛前意外发射导致人员受伤或犯规罚下。 ③手动校准: 每局比赛开始前, 切换到校准模式, 可借助红点激光器瞄准目标并手动调整 Yaw 轴位置, 记录此刻电机位置 ④遥控器控制: 通过遥控器控制飞镖发射架的 Yaw 轴。
装填机构	机械	改变装填原理	修改飞镖装填机构, 由旋转装填改为分两组平移装填, 提高装填精度、保证镖体进入摩擦轮前姿态稳定, 不发

			生卡镖现象。
飞镖底座	机械	改善底座刚性	(1) 取消飞镖架 Pitch 自由度，由 Pitch 轴可调变为刚性连接，减少振动。 (2) 重新设计刚性更好、接触面积更大的铝型材底座，并安装可吸附在飞镖滑台上的磁吸开关，确保发射架在赛场上稳定可靠。
		为飞镖架增加 Yaw 自由度	设计稳定可靠的 Yaw 传动轴系。使用深沟球轴承代替餐桌轴承将载荷传递到底座，从而避免虚位和晃动；使用尼龙 3D 打印齿轮减速传动，确保传动精度。
	电控	重新设计走线方案	在新的飞镖发射架底座上重新布置电气线路和裁判系统，便于接线与维护。

### 2.3.6.4 任务分工

表 2-28 飞镖系统任务分工

项目	具体任务	资金评估	人员安排
飞镖体优化	对现有飞镖体进行优化迭代	200	邱晨依
飞镖体批量制造	批量制造优化后的飞镖体	500	毛航航
飞镖发射架维护	维修飞镖架，更换损坏零件，进行对新镖体的适配	200	毛航航
飞镖发射架结构修改	修改飞镖架结构，取消 Pitch 轴	500	毛航航
飞镖发射架底座设计	设计精度高、稳定可靠的 Yaw 传动轴系	500	邱晨依
飞镖装填机构设计	重新设计平移装填机构	1000	毛航航
走线方案重新设计	在新的飞镖发射架底座上重新布置电	100	邱晨依



	气线路和裁判系统		
不同电控模式编写	编写飞镖架的待发射、安全保护、手动校准、遥控器控制等不同模式	-	邱晨依

### 2.3.6.5 时间节点

表 2-29 飞镖系统工作时间节点

时间	进度
2023/8/14-2023/9/24	理论学习、技术交接
	飞镖体图纸优化
	老发射架维护
2023/9/25-2023/10/29	新镖体制作工艺测试
	飞镖发射架代码重构与调试
2023/10/30-2023/11/26	飞镖发射架底座图纸绘制
	飞镖发射架图纸修改
	新镖体批量制作
2023/11/27-2023/12/31	新飞镖架零件加工
	飞镖架底座及发射架装配
	新镖体初步测试
2024/1/1-2024/1/28	新飞镖架测试
	不同电控模式编写
	平移装填机构绘制
2024/1/29-2024/3/31	平移装填机构零件加工、装配
	飞镖装填机构控制代码编写

## 2.3.7 雷达

### 2.3.7.1 规则解读

本赛季雷达站相较于上一赛季无论是在战术地位还是战略价值上都更加重要，具体表现在雷达站的易伤机制和官方引导的半自动机制。

首先，易伤在比赛规则手册中的定义为将被定位标记的敌方机器人赋予-15%的防御增益，与攻击增益是相乘关系，与其余防御增益是相加关系，且一局中主动易伤效果最高可以造成-30%的防御增益。这将为机器人集火进攻的时机提供关键指导，结合能量机关增益和无人机的空中支援，按照强队正常水平稳定发挥一波 buff 可以直接带走叠血（1600）哨兵，在后半程的攻守逆转将会更加频繁。

其次，半自动兵种相对于手动兵种具有更高的经验增益和金币增益，并且对于 RoboMaster 这样一项技术型的机器人赛事来说，半自动控制甚至自动控制也将是未来大势所趋，而作为具有上帝视角的雷达站，可以实时感知瞬息万变的赛场，也将是单体机器人信息指令下发的控制中枢。

上赛季对雷达的研发就已有所涉猎，导致在配环境与标定的过程中消耗了大量时间，但同时也为本赛季雷达的研发奠定了一些基础。本赛季研发雷达站是必要且关键的，雷达提供的视角与易伤机制将使得雷达越来越成为战术型 AI 机器人。

### 2.3.7.2 资源归纳

#### 1) 开源汇总

我们调研了 RoboMaster 论坛以及 RM 交流群中各学校雷达站开源方案，经分析后整理成以下表格：

表 2-30 雷达开源汇总

学校	硬件方案	特点	问题
沈阳航空航天大学	单目+激光雷达	模块化封装良好且全面	环境配置上手难度较大

上海交通大学	单目+激光雷达	点云生成深度图+战术预警	采用 python 编写效率较低
华南理工大学	单目+激光雷达	计算机人深度+跟踪去丢帧	标定精度略低
南京航空航天大学	双单目+激光雷达	长焦+广角	深度获取逻辑
中国石油大学	单目	便于上手+小地图效果展示	精确度及稳定性略低
华中科技大学	双目	自制双目并结合相关论文成果 实时双目匹配	精确度及稳定性略低

## 2) 场地需求

需要一块较大且关键点间距已知的场地用于雷达站定位测试，同时还需要有良好的网络环境保证正常裁判系统通信测试。

## 3) 物资需求

硬件设备：Mid-70 激光雷达\*1、迈德威视工业相机\*1、长焦相机\*1、高速相机\*1

官方物资：电池及电池架\*1、分电板\*1、主控模块\*1、电源管理模块\*1

关键机械结构：1.5m 雷达支架

### 2.3.7.3 需求分析

表 2-31 雷达需求分析

功能	需求分析	设计思路
基础定位	标记敌方机器人位置，获得易伤增益，对敌方步兵预警	工业相机与激光雷达融合，相机获取图像并识别机器人装甲板位置；激光雷达获取点云并投影至图像平面获得深度图；计算机人 ROI 的平均三维坐标，投影至赛场二维平面
多机通信	雷达与其余机器人的通信	雷达与哨兵双向通信，雷达与其余兵种单向通信，通过全局视野定位结合 UI 提供辅助信息与

		预警信息
哨兵索敌	辅助哨兵全向感知	定位敌方机器人后，还应定位己方哨兵机器人；查看是否能读取己方哨兵 uwb 定位模块信息，若可以则直接利用，否则采用和敌方定位一样的思路，计算敌人与哨兵的相对位置向量，减少哨兵无意义的云台扫描
英雄辅瞄	辅助英雄远程吊射	采用长焦镜头获得敌方前哨站附近视野，观察英雄大弹丸击打顶部装甲板差距

### 2.3.7.4 改进方向

表 2-32 雷达改进方向

组别	改进对象	改进内容
机械	雷达支架	添加更多传感器位置
视觉	代码框架	结构化封装与单元测试，上云备份
	运算平台	深入学习计算机组成原理相关知识和市面上广泛流传的硬件评测，更换更高性能和算力的主机
	技术传承	撰写详尽、模块化的技术文档，加强技术积累和并向主流项目规范化对齐（如技术开源、定期存档、服务器平台化等）

### 2.3.7.5 任务分工

表 2-33 雷达任务分工

项目	具体任务	资金评估	人员安排
基础定位	相机点云融合，获取精确地图投影位置，并通过裁判系统发送定位数据	-	于浩哲
多机通信	仔细阅读裁判系统串口协议附录，关注官方开放雷达通信链路的通知	-	于浩哲
哨兵索敌	哨兵联调，编写简单判断条件，取消	-	于浩哲

	巡逻式扫描		
--	-------	--	--

### 2.3.7.6 时间节点

表 2-34 雷达工作时间节点

时间	进度
2023/8/14-2023/10/15	理论学习、开源调研
2023/10/16-2023/12/31	雷达站基础定位实现
2023/10/30-2023/11/26	多机通信与哨兵索敌调试优化
2023/11/27-2023/12/31	多智能体研发技术储备
	高速相机飞镖反导技术储备

## 2.3.8 人机交互

### 2.3.8.1 规则分析

2024 赛季的规则解读着重强调了自定义控制器的重要性。诚然，自定义控制器的定义范围很广，不限具体形式和操控对象。不过，综合考虑现有的开源方案以及我队的技术水平，本赛季我们还是着重研发可用于工程机械臂操纵的自定义控制器。

自定义控制器的优势在 2023 赛季国赛中已经初步显现：除了方便操作手控制外，使用自定义控制器更加符合操作手习惯，更易达到“人机合一”，也就可以加快兑换速度。考虑到 2024 赛季已经引入了兑换时间限制，未来赛季必然会更强调兑换速度，开发自定义控制器就成为必须要考虑的需求。

### 2.3.8.2 需求分析

我队本赛季刚开始准备研制自定义控制器，所能够参考的资料只有部分开源报告。经过分析得到自定义控制器本赛季预期功能及对应各项需求如下：

表 2-35 自定义控制器需求分析

功能	需求
----	----

控制数据稳定传输	开发图传链路并多次测试
运动解算正确	研读机器人学相关内容，设计合适的解算算法
控制稳定	对输入数据进行滤波处理，并设计控制速度上限，防止因输入数据波动或意外造成失控
方便操作手操控	操作手柄符合人体工学
	控制器上附带若干按钮，可以进行急停、开/关泵等操作

### 2.3.8.3 设计思路方向

自定义控制器整体分为三个部分。首先是使用 oak 深度相机在树莓派作视觉里程计，获取相机实时的位姿变化。第二步是将位姿变化通过图传链路传送至工程的小电脑上，第三步是将位姿变化转化为速度变化，将其作为机械臂末端的速度输入量，利用雅可比矩阵计算出各个关节的转动速度。从而实现自定义控制器与机械臂的同步运动。

### 2.3.8.4 任务分工

表 2-36 自定义控制器任务分工

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
自定义控制器 算法验证	OAK 相机	1 人	ROS 开发经验	2 周	0
自定义控制器 硬件设计	树莓派、硬件设备	1 人	硬件设计经验	6 周	1000

### 2.8.3.5 时间节点

表 2-37 自定义控制器工作时间节点

时间	进度
2023/8/14-2023/9/24	理论学习
	修改工程模型，确保其在仿真环境中可用

2023/9/25-2023/10/29	编写程序
	在仿真环境中进行算法测试
2023/10/30-2023/11/26	硬件设备初步设计
	图传链路测试
	控制实车进行测试
2023/11/27-2023/12/31	设计完成硬件设备并出原理图
	结合实际情况对算法进行修正
2024/1/1-2024/3/3	第一版自定义控制器制造完成，通过图传链路控制进行实机测试

## 2.4 技术储备规划

### 2.4.1 通用技术储备

#### 2.4.1.1 机械技术储备

##### 1、轮毂 3508 减速箱改造

基于上赛季比赛经验以及与外校的技术交流，我们注意到从机械方面提升己方地面机器人（尤其是步兵机器人）的运动表现的重要途径之一是改换轮毂 3508 驱动电机减速箱的减速比，以使电机常态运行时处于效率更高的工作区间。

经过对同一麦轮底盘的不同减速比改造及后续运动测试（包括平地平移、侧移、小陀螺，坡上平移、侧移、小陀螺，飞坡等复杂工况），我们发现适当地改小减速比可以使机器人达到更高的加速度以及峰值速度，进而提升机器人的运动反应和通行能力，以适应赛场的高强度运动要求。更进一步，我们正在考虑对非轮毂电机用途的 3508 驱动电机进行减速比改造（例如工程机器人某自由度的驱动电机），进而尝试满足对不同运行要求的表现指标。

##### 2、舵轮底盘

上赛季基于哨兵机器人强力落地的契机以及我们对不同学校机器人的底盘移动方案的观

望，本战队开始了让舵轮底盘参赛上场的规划，并首先试验于哨兵机器人。经测试经验及比赛结果来看，初版舵轮底盘存在悬挂设计失效、轮系连接笨重、稳定性差等显著缺点亟待改进。但其构型天生带来的功率效率高、通过性高等优点使该设计瑕不掩瑜，由此本赛季我们针对已有经验并参考多方开源，重新构建了舵轮底盘设计，并应用于步兵机器人以测试，待成功后有望移植到更多兵种机器人上。

### 3、17mm 弹丸发射机构

17mm 弹丸发射作为 RoboMaster 比赛中最典型的攻击方式成为各校技术交流中最热门的主题之一。其机构的设计关键点承接于拨弹轮机构设计和供弹链路设计，涉及弹丸通路尺寸、限位机构方案及尺寸、摩擦轮材质及间距等主要要素，直到裁判系统测速模块安装设计，是机器人全机体功能最关键、变量最丰富、系统最复杂的机构之一。

本赛季我们搭建了自己的 17mm 弹丸发射试验台，并基于现有的发射机构设计，对多变量采取控制变量法进行发射测试，积累了大量的发射对照数据，并建立变量间联系，脱离原先直接采用的开源方案，迭代出适合本战队策略需求安排的发射机构设计，并通用至步兵、哨兵和空中机器人发射。

### 4、42mm 中心供弹机构

大多数英雄机器人采用的供弹方式是弹仓后置、切向入弹的后置弹仓。2021 赛季，北京理工大学开源了一种不同于传统供弹的中心供弹结构，其优势在于：缩短了弹链的长度，且自身体积可以做得很小，进而让供弹结构所占的空间和重量都变小，利于全车的小型化和轻量化。该优势也契合了 2024 赛季底盘轻量化、机器人高机动性灵活穿插的战术需求。

首先，中心供弹结构的主要难点与重点都在于其螺旋曲线的设计，曲线设计的关键点又在于抬升弹链与拨盘弹链连接处的廓线，该廓线须保证弹丸的压力角不能过大。一般廓线半径较大时，螺旋曲线更容易包络出压力角较小的形状。

其次，本结构的次要难点为分流片与拨盘之间会产生卡弹的点位，以及抬升弹链的弹丸产生自旋进而导致入弹口弹丸因摩擦力矩产生“跳动”进而卡在分流片下板和拨盘之间。因此，可以在这些点位适当添加轴承将较大的滑动摩擦转换为较小的轴承滚动摩擦，并通过设计圆滑的打印件、调节拨盘与弹丸接触的位置以减少弹丸与玻纤板横向切面的接触。

再次，拨弹的主要回转运动轴支承于均匀布置的梯型槽轴承，所以与轴承接触板件边缘的圆度误差要尽量小进而保证轴承不会被顶偏或压得太紧（会导致转动不顺滑，亦可使用大内径的轴承解决该问题），该板上的各个螺丝的锁紧力矩要尽可能一致以保证板不会受拉弯曲



进而保证回转运动的端面圆跳动最小（端面跳动会导致拨叉末端高度变动进而抵住或撬起弹丸发生卡弹）。

## 2.4.1.2 电控技术储备

### 1、系统辨识

在电控系统中，例如 Yaw 轴等载荷变化较大的轴系驱动电机需要具有较强的抗外界干扰的能力，使其能够在不同的工况下平稳运行，由此我们常常使用双环 PID，而双环 PID 通常参数较难确定，浪费大量调试时间。据此我们使用系统辨识的方法辅助进行 PID 参数的整定。

系统辨识方法的大致逻辑在于：已知被控制系统的输入与系统对应的响应，求出被控制系统的系统传递函数，从而能够直接使用仿真环境进行控制系统的搭建，并由此进行仿真环境中的参数调节，节省车辆调试时间。

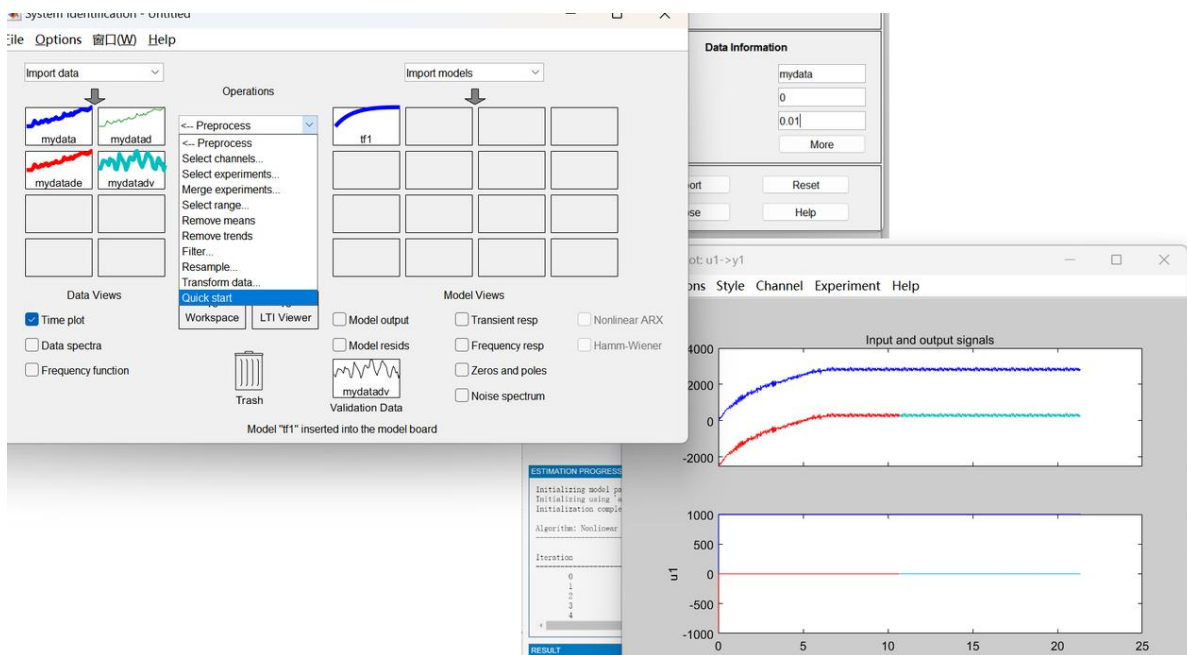


图 2-1 Matlab 系统辨识工具箱

首先生成一个激励信号，该激励信号可以是阶跃信号，也可以是变频率的正弦信号，同时通过 J-scope(串口同理)记录下电机在此信号下实时响应的数据；然后将数据导入 Matlab，利用 matlab 的系统辨识工具箱辨识得到系统传递函数；最后将传递函数输入 Simulink 的 PID 闭环控制模型中，对位置环和速度环的 PID 参数进行整定，最后烧录整定参数实车测试控制效果。

通过该方法，希望能够得到响应快同时超调量小、系统稳定性高的控制参数，从而提升车辆的运动性能。

## 2、功率控制优化

### (1) 舵轮底盘：

使用西交利物浦 2023 赛季之前的方案，即使用转矩乘以速度乘以一个系数再乘以一个与缓存能量有关的安全系数作为速度系数。上述方案能实现对功率的控制，有效解决老功率控制代码只对电机的转矩做控制以至于出现车辆起步加速度小的缺陷。使用上述新方案需要对电机的功率函数做拟合，根据电机方程考虑各种损失，实际测试了西浦开源的 3508 电机功率开源，拟合效果与实际情况曲线如下：

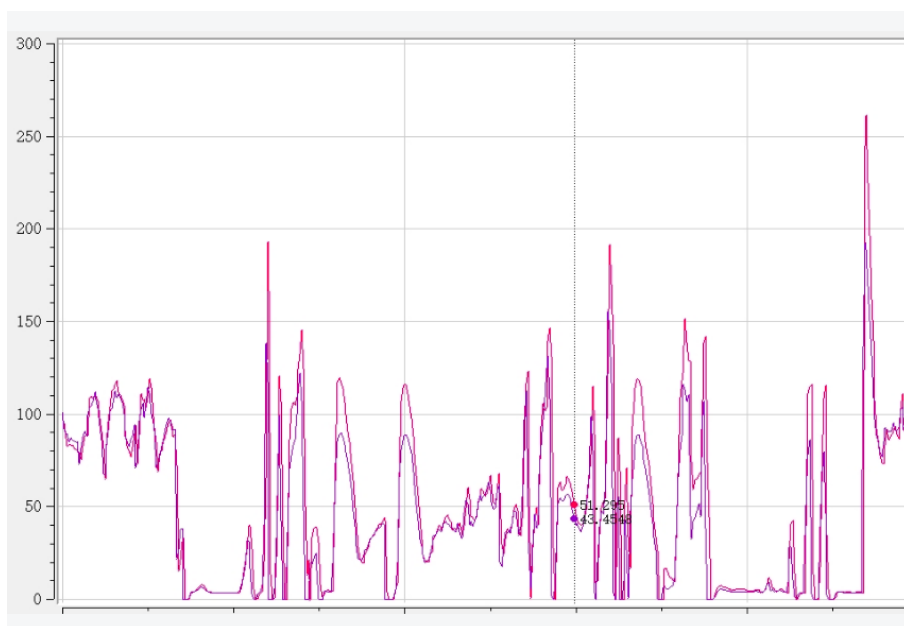


图 2-2 功率预测与实际对比结果

### (1) 麦轮底盘

①首先从裁判系统获得当前车辆的功率限制上限，缓存能量上限，然后根据这两个值设定两个警告值，一个功率警告值，其等于限制功率减去 10w（功率上限 - 10），另一个就是缓存能量警告值，当缓存能量为 60J 时缓存能量警告值为 30J，当缓存能量为 250J 时缓存能量警告值为 70J.

②接下来就是判断环节。首先会根据缓存能量进行判断，当剩余缓存能量已经小于缓存能量警告值时，则直接由当前缓存能量/缓存能量警告值计算出一个电流系数，然后用该电流系数乘以一个预先设置好的缓存能量电流总值上限得出电流总值上限。当剩余缓存能量仍然大于缓存能量警告值时，则再进入功率判断环节。在这个环节，如果当前功率仍然小于功率警告值，则电流总值上限等于功率电流总值上限加上缓存能量电流总值上限。如果当前功率已经大于功率警告值但是仍然小于功率上限，则电流系数等于（功率上限-当前功率）/（功率限制-功率警告值），然后电流总值上限等于电流系数乘以功率电流总值然后加上缓存能量电流

总值上限。至此，我们已经得到一个电流总值上限。

③最后就是底盘电流限制。首先根据计算值得到期望电流值总和，如果该总值小于电流总值上限，则直接发送电流值。若其大于电流总值上限，则将每个电机的电流等比缩小到四个电机电流值之和等于电流总值上限。

本方案的劣势就在于完全基于裁判系统的反馈值做控制，如果裁判系统的反馈频率较低或者裁判系统数据不具有足够的实时性就可能出现严重的超功率情况，特别是功率从一个较低值突然机动到上限功率的情况下容易超功率。但是如果将安全系数的阈值设置得很低，则会出现很多的功率浪费。

还有一种控制方案即 PID 控制功率，但是此种功率控制方案也是完全基于裁判系统反馈值进行控制，容易出现上述同样的问题。

本赛季麦轮和舵轮使用基于广东工业大学开源的底盘功率控制的理论为基础，做一些拓展作为我们现在的功率控制方案。而由于现在很多队伍使用的都是在广工所给出的公式的基础上再加上一个常数项，以此来表示保证电调电机中的电子设备正常工作消耗的的稳定基础功率和较好的拟合效果。

### 3、前馈控制

前馈控制是一种控制策略，用于提前应对系统中可能出现的扰动。这种控制方式与反馈控制相对，它不依赖于系统输出的反馈信号，而是基于对扰动的预测和预先设定的系统响应。前馈控制的核心是预测和补偿，目的是在扰动影响系统输出之前进行调整，以减少或消除扰动的影响。

以控制电机转速为例，我们先测量多组电机在给定电流值下的转速，利用回归方程拟合的方式得到设定速度和电流值的关系，以此弥补不同电机特性曲线的差值。

在实际应用中，前馈控制通常与反馈控制结合使用，以提高整体控制系统的性能。前馈控制负责处理可预测的扰动，而反馈控制负责校正由于预测不准确或未能预测到的扰动造成的误差。这种组合方式可以在保持系统稳定性的同时，提高对扰动的响应速度和效率。在本赛季，我们将尝试用系统辨识的方法拟合电机模型，提高前馈模型的精度，达到更好的控制效果。

### 4、调试指标量化

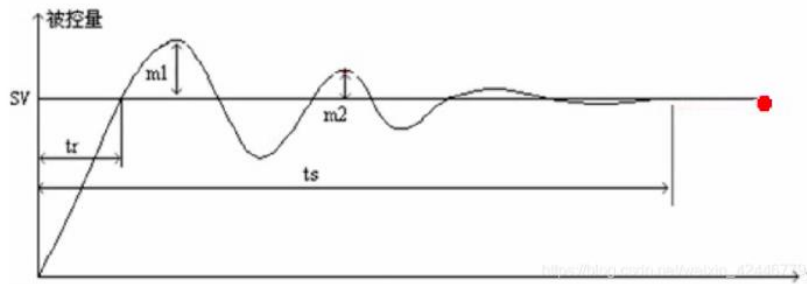
PID 调试指标量化主要是通过调节比例项(P)、积分项(I)和微分项(D)的权重来实现的。它用于评估 PID 算法的性能，包括响应速度、稳定性和抗干扰能力等。在实际应用中，需要根

据具体情况进行参数调整,以满足系统的要求。而进行 PID 调试量化可以确保系统的稳定性、提高控制精度、适应不同系统要求、优化系统性能、便于调试和优化。

进行 PID 调试指标量化需要选定若干评价系统响应的性能指标,通过算法获取调试的结果的得分,可以便于调试后观察哪种参数更优。具体的调试指标量化方法可能会因应用场景和控制对象的不同而有所差异。在实际操作中,可以结合具体情况和实际需求进行调整和优化。

- 输入信号:单位阶跃信号
- 评价指标:输入单位阶跃后,系统过渡过程曲线指标

a. 动态性能



- $t_r$ : 上升时间, 响应从10%上升到终值90%所需的时间, 体现系统快速性
- $t_s$ : 调整时间, 响应到达并保持在5%终值误差范围内所需的时间, 体现系统快速性
- $\sigma_p = \frac{m1}{sv}$ : 超调量, 被控量的偏离设定值的程度, 体现系统的抗干扰能力
- $\Psi = \frac{m1 - m2}{sv + m1}$ : 衰减度(衰减比), 过渡时间的动态指标, 体现系统快速性、抗干扰能力(一般  $\frac{m1}{m2} = 4$  较为合适, 可适当增加)

b. 稳态性能

- 稳态误差: 系统控制精度或抗扰能力的一种度量

图 2-3 PID 量化评价指标

具体地,初步采用单位阶跃激励作为系统输入,定量化系统的动态性能,如上升时间  $T_r$ ,调整时间  $T_s$ ,超调量,衰减度等;静态性能:稳态误差。

在本赛季,我们将尝试用 PID 调试量化来评价 PID 调试结果的优秀程度。

## 5、串口 debug

在调试过程中,需要对不同的物理量进行可视化,从而获得更加直观的调试环境,从而节省调试时间。于是希望利用串口进行可视化。并且,我们常常需要同时多个物理量的实时曲线,从而对它们进行对比与分析。

由此,我们利用串口进行 C 板数据的发送,为了不过多占用 CPU,需要进行 DMA 的配置。我们的主要逻辑在于:将浮点类型数据保留一定位数后,转化为字符串,并通过 printf 的重定向,使得自定义的输出函数能够发送字符型串口数据。

在上位机平台方面,我们选用纸飞机与 serialplot 两种进行串口数据的可视化,将数据接

收类型更改为字符，并调整其接收频率为串口发送的波特率，即可解析出正确的串口数据，并将其以图像形式绘制出来。

与此同时，由于自定义串口发送函数，所以我们可以使用 `fmt` 自主更改参数的保留位数以及参数的个数，从而获得我们所希望的串口图像显示。

## 6、基于 Tracealyzer 软件实现 FreeRTOS 的任务调度可视化

FreeRTOS 是一款常用的嵌入式实时操作系统，它提供了轻量级的任务调度和资源管理机制，适用于多种嵌入式应用。虽然 FreeRTOS 本身没有提供官方的可视化工具，但可以通过其他方式进行可视化例如 Tracealyzer：Percepio 公司开发的 Tracealyzer 是一个强大的实时操作系统跟踪和可视化工具。支持多种实时操作系统，包括 FreeRTOS。Tracealyzer 可以通过可视化的方式展示 FreeRTOS 任务、队列、信号量等的运行状态，帮助开发人员分析和调试系统行为。

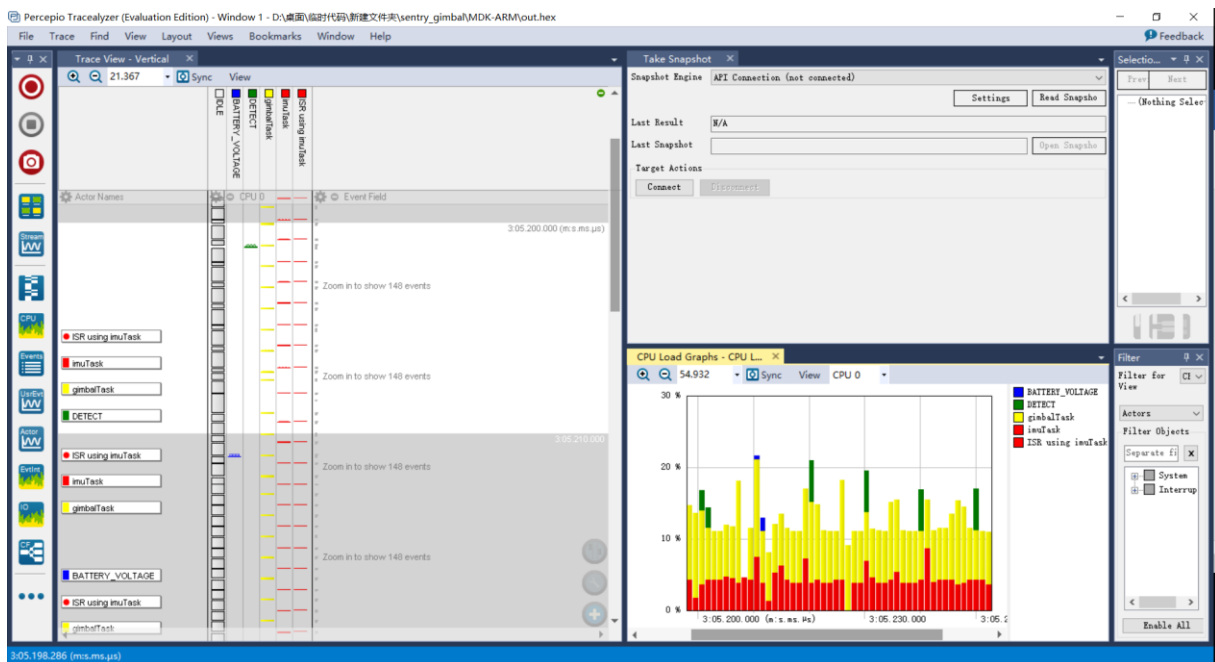


图 2-4 Tracealyzer 界面

访问 Percepio 公司的官方网站，并下载安装适用于 windows11 操作系统的 Tracealyzer 软件。执行安装程序，按照指示完成安装。

在 FreeRTOS 项目中集成 Tracealyzer，根据 Tracealyzer 的文档，将 Tracealyzer 接口文件加入 freertos 项目。这些文件由 Tracealyzer 提供，并与 FreeRTOS 版本相对应。并且需要在 keil 项目中添加 Tracealyzer 接口函数的调用。这些配置需要看官方文档。

运行 FreeRTOS 项目并生成 Trace 数据，将 FreeRTOS 项目编译并烧录到 C 板上。在设备上运行 FreeRTOS 项目，并让系统工作一段时间，以便收集足够的 Trace 数据。

导入和分析 Trace 数据，打开 Tracealyzer 工具。创建一个新的 Tracealyzer 项目，并选择导入 Trace 数据的文件。Tracealyzer 将自动分析并显示 FreeRTOS 系统的运行情况。

查看和分析可视化数据，导入后，Tracealyzer 将显示一个时间轴，显示系统的整体运行情况。通过缩放和平移时间轴，可以查看不同时间段内的任务执行、中断发生、资源使用等信息。Tracealyzer 还提供了各种图表和视图，如任务列表、时间线视图、资源使用图等，以更详细地了解系统的行为。

进一步分析和优化，利用 Tracealyzer 提供的功能，可以观察任务之间的相对执行顺序、任务的调度延迟、中断的发生时间等。通过分析 Tracealyzer 提供的图表和视图，可以识别系统中的性能瓶颈、资源竞争和调度问题等。根据分析结果，对 FreeRTOS 系统进行优化和改进，以提高系统的效率和可靠性。

### 2.4.1.3 硬件技术储备

#### 1、电容控制板

超级电容是 RoboMater 赛场上极其重要的一个模块，能够暂时性地将机器人的底盘功率提高到裁判系统允许功率之上，有效提高机器人的机动性。因此开发一款能够使用的超级电容控制板对于比赛意义重大。

目前，队里已有的超级电容电路拓扑图如下：

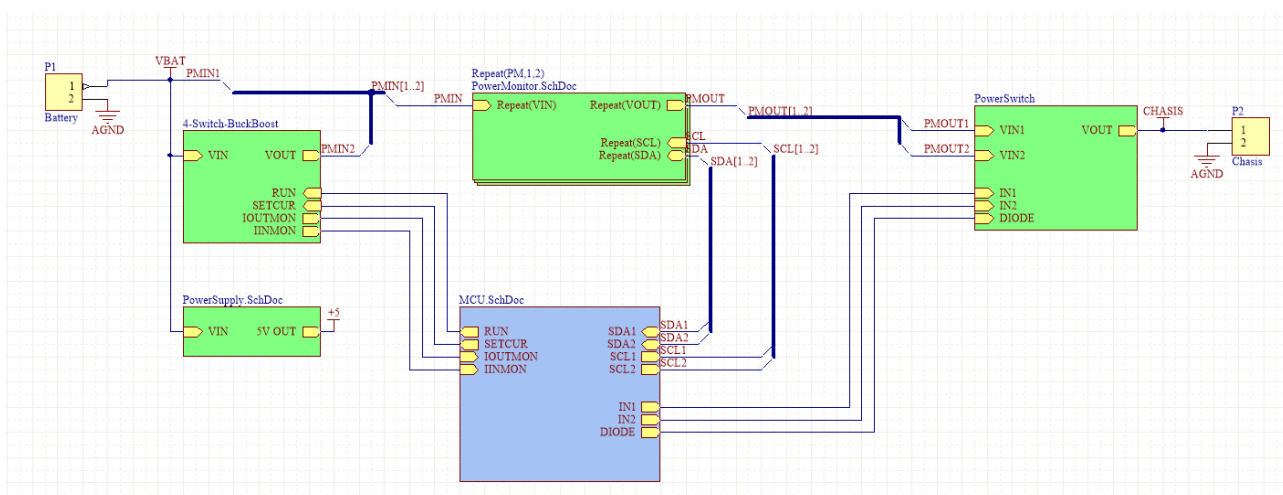


图 2-5 现有超级电容拓扑图

此版本电容控制板为 2020 赛季学长基于对比赛的理解进行设计，从 2020 赛季一直沿用至今。这块板子的性能比较稳定，采用了 ADI 的 uModle 系列的电源管理芯片进行充放电管理，采用较少的程序控制能够较好的将地盘输入的能量转移到电容组模块，代码简洁，造价

较高但也能够接收。

但是由于设计原因，将电容模块放在了控制板的输出侧，导致当电容组电压放低到一定阈值时无法通过电源管理芯片升压导致底盘会出现电调、电机低电压保护；由于电容控制板 MCU 电源设计的原因，当机器人阵亡后会失去对超级电容模块的控制，电容不受控地给底盘供电，电机继续工作，机器人出现自旋，不符合比赛规则。

由于前几个赛季硬件组出现了技术和人员的断代，维护老电容就已经花费了大量时间和精力，没有时间进行新电容控制板的开发，只能继续沿用前辈的设计。本赛季硬件组新成员变多，能干的事情更多，有足够的人员去处理和学习新的控制板的开源设计，于是准备在保证机器人有超级电容使用的前提下进行新版本电容控制板的开发。

本赛季将在继续维护老电容控制板的情况下进行新电容控制板的设计，将电路拓扑转换成下图：

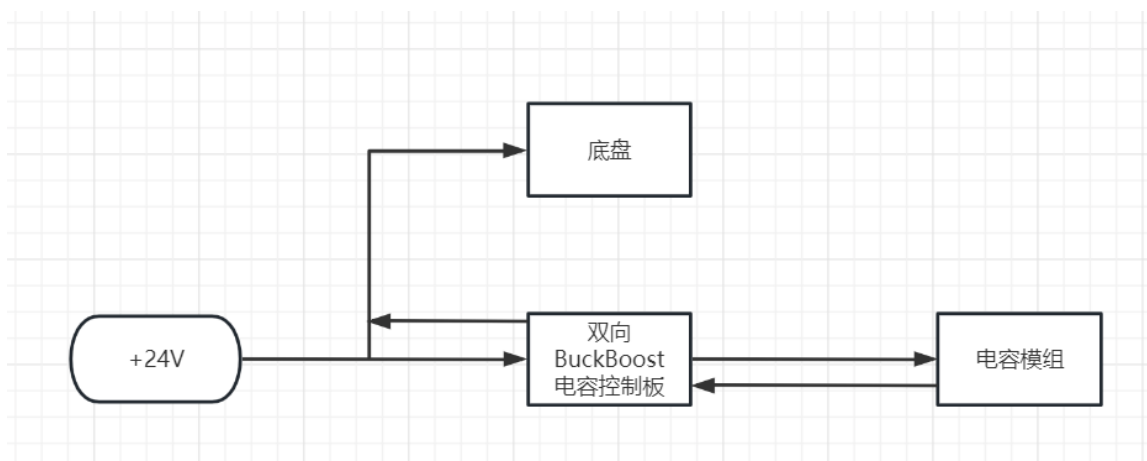


图 2-6 新电容控制板拓扑

将电容并联在电源输入上，通过四开关双向 BuckBoost 电容控制板将电容输出电压稳定在 24V 电调和电机的额定工作电压，保证能够充分利用好电容组模块 1760J 的设计能量，并在裁判系统杀死底盘之后不会出现电容不受控制继续放电使机器人自旋违反比赛规则情况；同时能够将电容控制板的元件成本压低，将更多的经费用于硬件组成员的培养和试错上。

## 2、模拟电容

使用模拟芯片的方案作为过渡，其优势是对于程序设计的要求会相对低很多，只需要将模拟电源芯片的外部电路搭建完成，加入 MCU 控制充放电后基本能够将新的控制板开发成功；对于学弟接手制造新的超级电容控制板的难度降低了很多，不太需要太高的程序设计能力就能够在原来的开发板上进行二次开发，能够极大可能上避免了因为硬件组成员传承断代无人制造控制板的问题。

但是模拟电源芯片的价格和稳定性不太能够保证，相对来说对于数字电源控制来说对于电控组同学能够控制的量会比较低、制造的元件成本会比较贵，无法比较明显降低硬件制造成本。

新的模拟电源管理芯片方案的超级电容板电路拓扑如下：

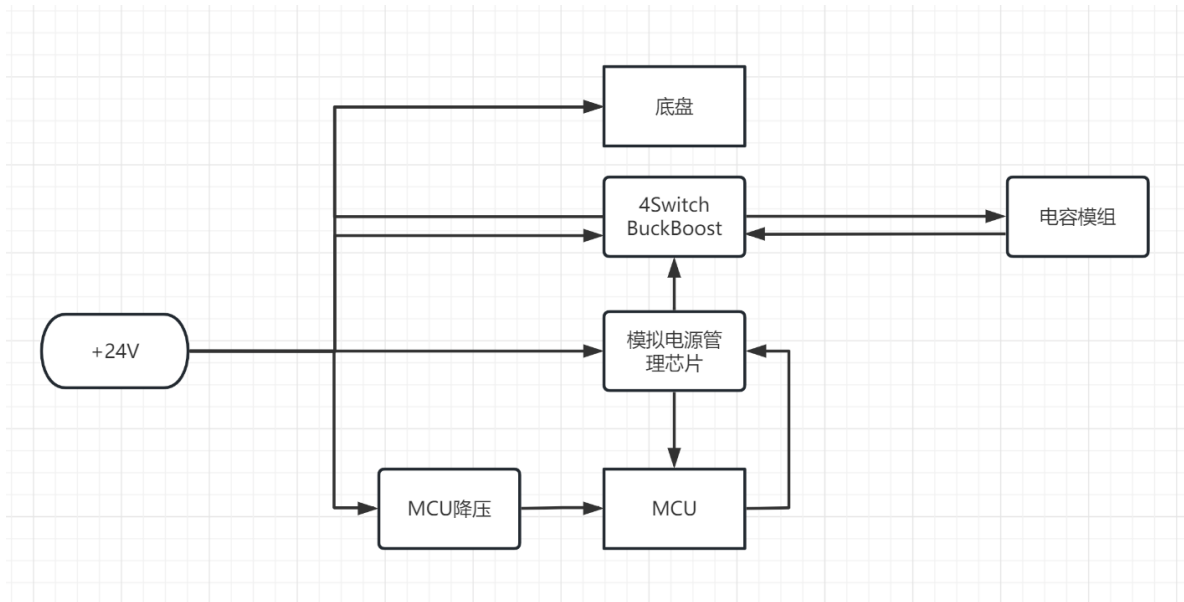


图 2-7 模拟电容拓扑

### 3、数字电容

本赛季会尽可能将超级电容的模拟方案开发完成，然后开始数字电源的开发。

数字电源的开发对队伍硬件组成员成长意义较大，目前硬件组技术积累基本属于从头开始的状态，由于对信号传输方面和单片机程序设计上没有太多研究，在 PCB 设计上本着“能用就行”的原则，在开发数字电源时可以预料到的会存在信号采集和传输过程中的干扰情况以及对程序算法的要求相较于模拟电容都会更高，希望能够在开发过程中写出一份 PCB 设计禁止条例作为技术存储沿用下去、提高硬件组同学关于单片机程序设计方面的能力，并能够将今年招录的新成员培养好、保护好大家对与硬件和赛事的热爱。

新版数字电容的电路拓扑大概如下：





RS485：作为技术拓展，做技术存储；

USB：充分利用好单片机的外设资源，简化机器人布线走线难度，提高单片机和小电脑之间的通信速率，空闲出来 CAN 通信的接口，降低电控组成员程序设计时一个 CAN 控制很多电机的难度以及尝试使用 USB3；

SPI：SPI 的通信速率比较快,尝试更高速率的通信协议；

图传链路、裁判系统串口：尝试 DJI 官方推荐的赛场机器人控制方式。

## 6、开发版自制

本赛季硬件组成员较多，可以做开发板自研工作，恰巧 C 板售价较高，于是准备开始开发板自制。

准备采用意法半导体公司 STM32 的 G4、H7、F4 系列主控进行设计，能够保证硬件组自制供给队伍使用的开发板算力不低于 C 板,并根据不同车组的需求设计开发板的大小和接口，方便走线的同时也有更高的算力，减轻电控组压力，从硬件层面降低赛场上机器人失控的可能性。

## 7、遥控器设计（参考官方选型）

由于 DJI 官方的 DT7 遥控器停产，淘宝能够找到在卖 DT7 遥控器的店铺价格较贵，且使用遥控器能够很方便机器人的开发调试属于队伍的刚需设备无法直接弃用，本赛季生产力较高，会有精力进行遥控器的初步开发，尝试复刻 DT7 遥控器并在此基础上进行更改，提供更多的外部设备更方便调试。

最后附上本赛季硬件组的技术发展预期图：

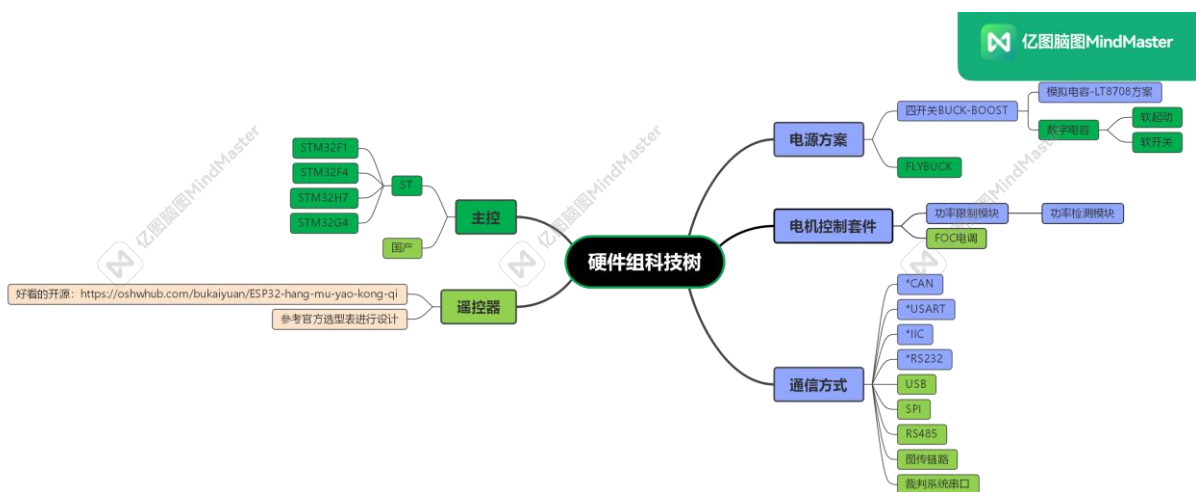


图 2-9 硬件组发展规划

## 2.4.1.4 视觉技术储备

### 1、基于神经网络的关键点识别器

目前，我们队对于装甲板灯条以及能量机关扇叶的识别均为基于传统图像处理手工筛选特征的方法。该方法存在一些局限性：对相机成像的要求较为严格（低曝光、高动态范围）；难以识别画面中较小的目标；容易受环境光、红点激光的影响，鲁棒性差；筛选方式和阈值参数需手动设置，不便于调试等等。传统方法的局限性促使我们向基于深度神经网络的识别方法转移。我们预计将神经网络应用于自瞄和推塔（识别装甲板）、打符（识别能量机关扇叶）、全向感知和雷达预警（识别机器人）。

神经网络所具有的提高现有功能性能上限的潜力也是吸引我们转向的重要原因。以自瞄为例，使用神经网络有可能可以让我们识别到更远的敌方目标，通过和外校队伍的交流，我们估计可以将现有自瞄的识别距离从 5m 提升到 8m；此外，我们还希望将神经网络应用于装甲板图案关键点的识别，从而增加 pnp 关键点的个数，提高解算的准确性，最终转换为命中率的上升。

诚然，神经网络并非十全十美。要想使神经网络转换为我们的技术储备，存在一些可预见的困难和挑战。首先，我们需要具备定制神经网络结构的能力。具体而言，在目标检测领域中，主流模型所提供的 bounding box 级别的结果并不能满足我们的需求，因此，我们要有能够自定义损失函数以及输出结果，这需要我们对神经网络的工作原理和实现方法有着较为深刻和准确的理解。其次，训练神经网络所需要的计算资源以及良好的数据集也是不可避免的挑战。此外，神经网络的量化部署也是我们未曾涉足的领域，目前仅有大致的方向：由于我们全队均使用 nuc 系列的计算平台，我们之后打算研究如何使用 opencv 调用集成显卡加速神经网络的推理。除了上述在实现过程中的困难，神经网络的实际效果也有待商榷，其输出的装甲板角点相对于传统方法存在更大的波动，神经网络识别的帧率也普遍低于传统方法。

综上所述，尽管将神经网络转换为我们的技术储备存在许多困难与挑战，我们依然认为神经网络值得我们投入时间和精力。

### 2、视觉 SLAM

本赛季规则中新增了半自动兵种，要想实现半自动兵种，我们认为 SLAM 技术必不可少。然而，哨兵所使用的基于激光雷达的 SLAM 技术无论从成本上还是体积上都不具备移植到其它兵种的可能性。因此，我们希望利用自瞄所配备的相机或额外添加图像传感器，实现视觉 SLAM。

视觉 SLAM 是一种通用定位算法，相较于较为成熟的激光 SLAM，其优势在于可以提取出场景中丰富的语义信息和纹理特征信息。视觉 SLAM 的主要流程包括，图像预处理、前端视觉里程计、后端优化、回环检测四步，经后端优化过的里程计信息较为准确，但是视觉 SLAM 会给运算平台带来较大的计算负荷，难以维持实时性。经调研发现，目前主流的 ORB-SLAM、VINS 方案在保证旋转与尺度不变性的同时，还提升了计算效率，且便于二次开发。因此如若这个赛季要做视觉 SLAM 方向的技术储备，则应以这两种框架为基础。视觉 SLAM 或将成为 RoboMaster 赛场上除 uwb 定位模块、雷达站定位、激光雷达定位以外的第四种可选的对我方机器人辅助定位方式。

而视觉 SLAM 给出的局部定位信息，可以给机器人提供实时的具有纹理结构和语义信息的地形结构特征，类似超声波感知障碍物距离修正机器人的运动轨迹，调整位姿以更快的穿越桥洞；在多机可以正常通信的前提下，视觉里程计的准确性，将为机器人提供自身的全局位置信息，同时结合 pnp 解算得到的敌方相对位置信息，从而可以得到敌方机器人的全局位置信息，在攻击敌方单位时自动叠加上一层 debuff，而这种负面增益是不用考虑雷达站视野在复杂地形下被遮挡的情况。

### 2.4.1.5 视控技术储备

“视控”技术指视觉结合控制技术。随着 RM 比赛推出越来越多对复杂算法要求较高的兵种和规则，如工程取矿要求机械臂逆运动学解算、规划乃至避障，哨兵运行要求建图、定位、导航乃至决策等，与机器人学前沿学术研究接轨必然是大势所趋。在这样的背景下，重视算法，将算法与控制解耦，减轻研发人员在控制方面所投入的精力是我们必须要考虑到的。基于如上考虑，我们在 2023 赛季开发了基于 ROS1 的无下位机机器人通用控制架构 sp\_control。

sp\_control 的框架受启发于广东工业大学 DynamicX 战队的 rm\_control 项目，两者的基本逻辑也较为相似。通过对外部设备进行合理的抽象，使得任何一种支持 CAN、UART 的设备，只需通过 hw\_config 文件声明就可以快速接入 ROS 体系中，并使用 ROS 提供的其他功能包进行开发，降低了开发部署的难度。

2023 赛季，我们成功开发了 sp\_control 的基本框架并将其运用到工程机器人上。实践证明，sp\_control 的稳定性具有保障，也确实一定程度上减轻了控制层面的开发负担。本赛季，我们计划将该架构推广到哨兵机器人和半自动舵轮步兵机器人上。

#### 1、sp\_control 框架完善

sp\_control 的框架如下图所示。

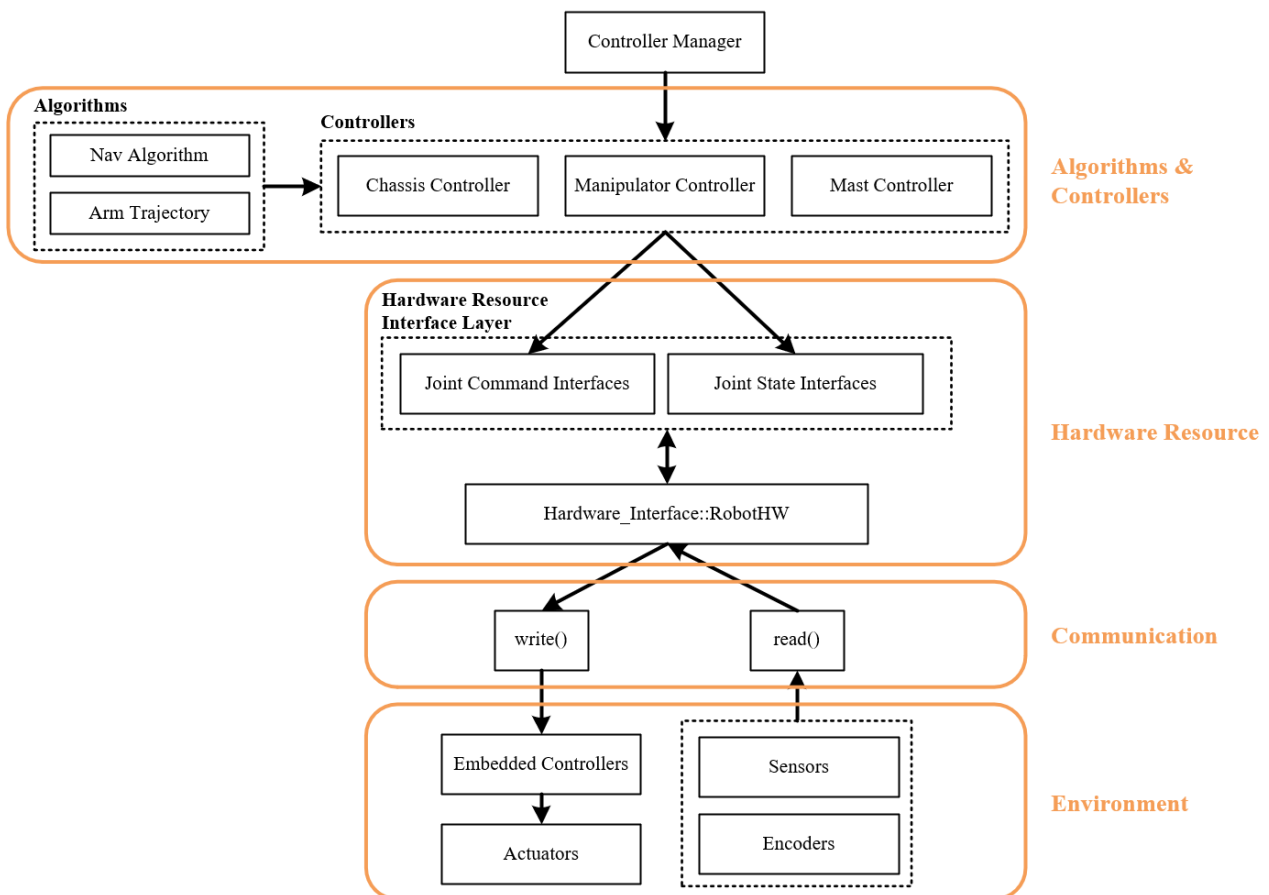


图 2-10 sp\_control 框架

从抽象框架图上来看，架构将整个机器人控制系统分成四层，从顶向下分别为：顶层算法（Algorithms & Controller）、硬件资源（Hardware Resource）、通讯层（Communication）、环境（Environment）。

顶层算法是指机器人控制的相关算法，包括运动规划算法、运动控制算法、电机控制算法（如 PID）等；

硬件资源是完成硬件抽象的部分，其包括硬件资源池（Hardware Resource Interface Layer）和抽象硬件层（Hardware Interface）。抽象硬件层负责加工外设的数据并完成抽象化（比如将不同协议电机的数据处理为相同的数据结构），并将处理后的数据上载至硬件资源池中；

通讯层是上位机与下层设备（如电机、传感器、外设）建立通讯的部分，SP\_Control 使用了 SocketCAN 和虚拟串口完成通讯层的搭建；

环境是指机器人运行的环境，包括仿真环境与真实环境，受益于 ROS-Control 的外接接口，在保证上层算法不进行修改的情况下，通过改写 launch 文件参数，可快速地使用 Gazebo、UE4 在内的多种包括物理引擎的软件进行仿真，这也保证了该框架具有 Sim2Real 的潜力。

后续我们将继续进行 sp\_control 框架的开发工作，主要按以下内容进行：

- 完善抽象硬件层（sp\_hw）的流程，简化代码逻辑，并尝试融入阵亡重启功能。
- 改良模型层和仿真层（sp\_description/sp\_gazebosim）的文件层级结构，并使用官方场地模型或自行搭建的场地模型进行仿真。
- 新增控制层（sp\_control）中的 controller 类型，如控制发射机构的 shooter\_controller，控制机械臂的 manipulator\_controller 等。
- 完善基于 rqt\_plot 的可视化控制参数调节流程。
- 引入更多基于视觉的算法，如视觉辅助兑矿等。

## 2、视觉辅助控制

“视觉辅助控制”指通过视觉等传感器获取外部信息，再设计算法并将外部信息作为输入，输出机器人的控制信息。一个典型的“视觉辅助控制”技术就是自瞄。由于拥有了 sp\_control 架构，开发相应的算法将更具有便利性。“视觉辅助控制”意味着算法与控制高度耦合，而 sp\_control 架构允许开发人员解耦算法和控制，并拥有仿真环境方便开发人员随时测试算法的可行性和有效性。

初步的视觉辅助控制工作预计包括：视觉辅助工程对位。更多控制需求留待操作手提出。

### 2.4.2 特定兵种技术储备

#### 2.4.2.1 英雄技术储备

##### 1、气动发射

RoboMaster 赛场上最常见的弹丸发射方式是摩擦轮发射，影响摩擦轮发射精度的因素有很多，所以想提升摩擦轮发射精度势必要增加更多辅助机构并花费大量的时间调试发射系统。在与其他队伍队员交流之后也发现各队伍的摩擦轮发射在比赛现场均有一定的掉速或精度下降等情况，这就是气温、弹丸公差等因素带来的负面影响。相比之下，气动发射需要调整的

机械参数并不多，虽提升了整车重量，但能够较大程度提升发射准确性，所以适合作为 2024 赛季英雄机器人的一项重要技术储备。

气动发射原理是：弹丸被气缸推入发射仓，发射仓和弹丸以及堵在弹丸两侧的胶片形成一个密闭的空间，气体通过单向阀、减压阀、电磁阀、比例阀进入金属气室，气室通过快排阀连接到发射仓，快排阀的排气由电磁阀控制，气体快速排出并推动弹丸发射。

这个发射过程中，弹丸被两个软胶片卡住，达到了定心的效果，弹丸的左右散布可以因此收敛。在弹丸质量变化不大的前提下，只要通过比例阀控制好进入金属气室的气体压力以及软胶片的硬度，弹丸的上下散布（也就是弹速）可以因此收敛。机械和电控调参的难度骤减，只需写好发射逻辑，将控制信号输入给自身即为闭环控制系统的比例阀即可调整弹速。

不可忽略的是，前级气路的气压需要保持稳定，以确保气缸等执行元件的响应速度和力的输出。

## 2.4.2.2 工程技术储备

### 1、工程控制框架

工程控制框架基于 `sp_control` 搭建。由于 `sp_control` 底层代码已趋于完善，因此本赛季工程控制框架的主要任务便是编写上层 `controller` 部分。

工程本赛季预计所使用到的 `controller` 如下表所示。

表 2-38 工程使用到的 `controller`

<b>controller 名称</b>	<b>作用</b>	<b>本赛季工作</b>
<code>chassis_controller</code>	控制麦轮底盘运动	-
<code>gimbal_controller</code>	控制图传云台运动	-
<code>gpio_controller</code>	收发 <code>gpio</code> 信号	-
<code>calibration_controller</code>	关节校正，上电时初始化关节位置	编写 <code>controller</code> 并调试，并结合 <code>ros_control</code> 架构构建工程阵亡重启流程
<code>syn_controller</code>	控制框架工程抬升及伸出部分电机同步运动	编写 <code>controller</code> 并调试，并融入除 <code>PID</code> 外的其他控制算法

controller 名称	作用	本赛季工作
differential_controller	控制工程小臂末端差动关节	编写 controller 并调试
manipulator_controller	控制机械臂整体运动, 实现三种类型的控制逻辑	编写 controller 并调试, 并结合自定义控制器和视觉识别控制机械臂运动

## 2、视觉辅助兑矿

2024 赛季已经引入了兑换时间限制, 除了自定义控制器外, 视觉辅助兑矿也可以极大增加工程的兑矿速度。

我们在视觉算法方面参考了华南理工大学华南虎战队, 而在具体兑换策略上参考了深圳大学 RoboPilot 战队的思路, 制定出以下视觉辅助兑矿的算法方案:

通过深度相机识别兑换站的四个角点, 通过 pnp 解算出兑换站的位姿后, 将工程机器人的小臂末端摆成与兑换站相同(或相近)的位姿, 这样操作手只需微调即可完成矿石的兑换, 从而提升矿石的兑换效率。

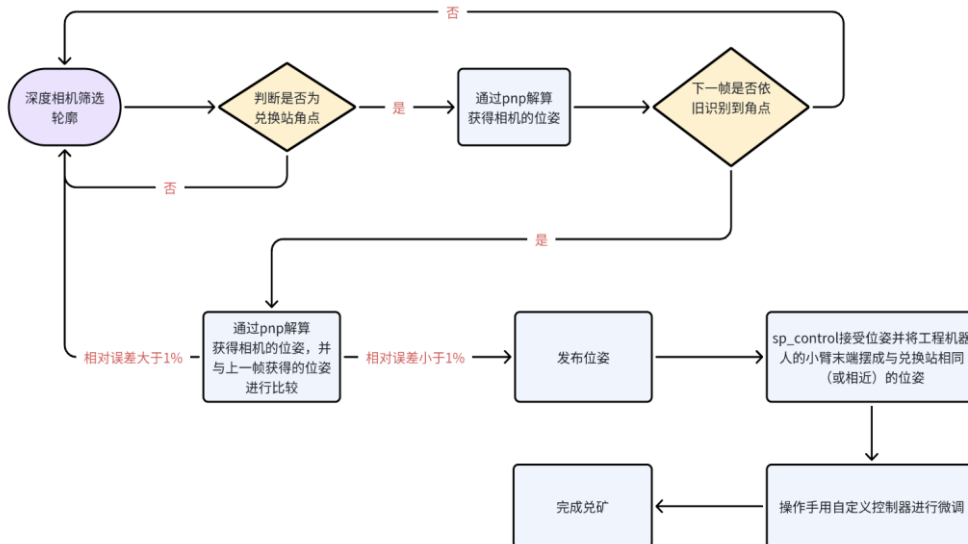


图 2-11 视觉辅助兑矿算法流程

## 3、差动关节机械结构及控制方法

一般机械臂末端三轴具有 RPR 和 YPR 两种形式。不论是 RPR 还是 YPR 构型, 倒数第二, 第一轴均为 Pitch 轴和 Roll 轴。一般而言, 机械臂的 Pitch 轴需要电机具有较大的扭矩,



相对而言也更难调出合适的 PID 参数，甚至需要使用前馈等方法控制。这主要就是由于矿石重心与 Pitch 轴距离过远造成的。如果缩短这个距离，以上问题可以变得相对比较好解决。

然而，传动的电机与关节一一对应的构型需要将电机设置在两轴之间（如果使用复杂的传动方案，如万向节，同步带等也可以实现电机后置，不过会极大增加机械的设计和装配难度和电控的调试难度），这就意味着 Roll 轴电机会占据机械臂最后一节关节的很大一部分，从而导致 Pitch 轴与矿石重心距离过远。而如果采用差动关节，由于电机后置，Pitch 轴与矿石重心的距离相对较近（我们的出版方案实测距离约 160mm），也就减轻了电机负担。

从开源方案看，深圳大学 RoboPilot 战队和上海交通大学交龙战队都将机械末两轴设计成空间紧凑的差动关节形式。从实际效果看，差动关节的表现比较良好，可以加以研究。

初步设计的差动关节如下图所示。

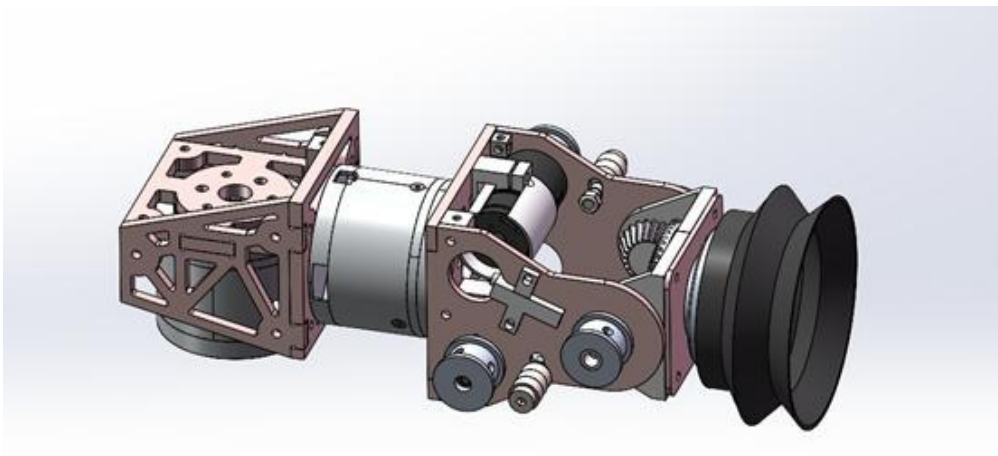


图 2-12 差动关节机械设计方案

控制上，由于工程采用 `sp_control` 控制框架，可以很方便地编写自定义 `controller` 控制执行器。我们预计编写 `differential_controller` 进行差动关节的控制，并将其整合进 `manipulator_controller` 以控制整个机械臂运动。

### 2.4.2.3 步兵技术储备

#### 1、半自动步兵导航与感知决策

2024 赛季新增了半自动兵种，为场上的战术选择提供了更多可能，其丰富的额外经验加成，也意味着其性能可以和普通兵种拉开很大差距，成为队伍的输出保障。然而半自动兵种的研发难度不低，从技术栈来看，在上个赛季，我们哨兵较好地实现了在云台手给定目标点的情况下自主的导航和避障功能，因此半自动步兵可以沿用改进大部分上赛季哨兵的技术栈，

但与此同时，半自动兵种在新的赛场环境中更高的通过性和灵活性要求中也对导航、建图等技术精度提出了更高的要求。

## 2、平衡步兵前馈跳跃实现

新赛季规则中的场地改动，对于能够更好地适应地形高低差的机器人更具优势。而轮腿平衡步兵天生具备优秀的越障能力，因此对其尤其是跳跃运动的控制优化对于保障发挥机器人的高运动性能至关重要。目前普遍的做法是将机器人横向平移运动和纵向跳跃运动解耦控制，由操作手凭感觉和经验决定二者搭配时机，其运动成功随机性大且鲁棒性较差；更进一步的做法则是搭配传感器辅助，综合决定各功能运动时机，从而获得了更高的运动稳定性。但上述两种做法对机器人的横向平移运动疏于规划，需要更大的运动空间和准备时间，并不能充分发挥轮腿全部的运动潜力，由此便需要一种更合理的前馈式跳跃控制方法。

## 3、普通步兵全地形通过底盘

新赛季规则中的场地改动，对于能够更好地适应地形高低差的机器人更具优势。同时于注重发挥平衡步兵的灵活优势，也应该思考如何对普通步兵进行合理化改造，使之如虎添翼，在战场上发挥更大作用，新赛季规则当中对于平衡步兵上场数量的限制也呼应了这一需求。以经典的翻上 150mm 台阶工况为例，可选的上升方案便包括四轮腿机构、临时顶升机构、辅助跳跃机构等诸多思路。然而在验证各种思路可行性同时，还要考虑与更小的尺寸控制、更轻的重量控制、更高的运动灵活性实现、机器人稳定性保障等设计要求之间相互妥协。

### 2.4.2.4 哨兵技术储备

#### 1、二级 Yaw 轴及其弹链

现哨兵云台集成小电脑、弹仓、发射机构等一系列的机械部件，导致其转动惯量相对较大，YAW 轴转动小角度控制常常出现反应不及时现状，因此尝试在发射机构下增加一个 YAW 轴驱动以实现发射机构小角度转动的快速且稳定的反应。于此同时，由于弹链自身结构的原因，在发射机构 YAW 轴转动时必然导致刚性弹链的错位，继而致使弹链中弹丸的回退，因此为适应二级 YAW 轴的结构，弹链结构也会做出相应改变，初步方案是设计弹链机构使其弹丸在回退时能够从弹链中排出或隔离。

#### 2、基于双枪的射击控制

哨兵机器人采用双枪结构，在控制层面需要对两侧发射同时进行控制。哨兵具有较高的枪口热量以及较高的冷却。哨兵采用单云台结构，当双枪单独控制时，会出现弹丸击打频率过

高，造成装甲板难以检测到所有的弹丸；另外，当多个弹丸同时击打到装甲板时，会出现只能检测到一个弹丸伤害的情况。再新赛季经济获取十分重要的背景下，随意的挥霍弹丸不是明智之举。基于双枪结构，哨兵开发射击协同控制策略，实现左右发射机构互补发射弹丸，最大化哨兵火力的同时，尽可能提高弹丸的利用率。

## 2.4.2.5 雷达技术储备

### 1、多智能体规划与决策

雷达站具备“外挂”一样的上帝视角，并且是多机通信的枢纽与核心，因此在通信传输数据的同时如何给机器人施以控制指令则为机器人的半自动化与辅助决策提供了重要支持。

从理论分析而言，目前学界大部分关于多智能体的资料是有关多机协同的群体智能算法，例如鸽群雁群鱼群等，这些算法的目标为保证多个智能体在某些方面的一致性，并不适用于 RoboMaster 赛场上多机器人执行不同任务的场景。结合相关课程与调研发现，群体智能中的狼群算法具有很高的协作与分工特点。狼群是一类认知能力强且组织十分严密的动物种群，狼群的狩猎优势在于以强凌弱，以多击少，分工明确，群起而攻之。单个狼便具备一套完整的进攻流程意识，包括游猎、追踪、增援、包围、捕杀，所有任务均需要与其他狼合作完成，从而保证整个狼群具有完备的打击链条。参考《基于群体智能的无人机集群自主控制》，RoboMaster 赛场上的机器人可与狼群、无人机群等效代换，从而对一局比赛进行数学建模，建立战场约束条件、目标收益、目标代价等，并对这一复杂任务进行分解与静态目标分配。划分好静态目标区域后，还需要针对赛场复杂的实时环境进行动态任务更新，建立任务依赖关系，且由于战场地势地形影响，地面机器人无法探测全局信息，仅有周围的局部感知信息，因此还需要进行动态任务更新。但实际上地面机器人所具有的信息是局部视野与雷达站全局视野融合而成的结果，如何建立模型并且较好收敛可能将是一个很漫长的过程。

从工程实践而论，可以参考 RoboMaster 人工智能挑战赛的前期成果，对机器人任务环境进行建模与仿真。首先进行简单的实验尝试与经验积累，同时希望队内将来能捡到能够有兴趣研制出并长期维护模拟器的大宝或与华南虎等老牌强校合作，求得模拟器 API 接口，可以将人工智能群体智能算法引入到具有比赛模式的赛场仿真地图中，并进行强化学习推演，最终将训练出的模型导出到实体机器人上，跨越 sim2real 的鸿沟，实现人工智能而非智能人工。

### 2、感知优化

目前大多数的深度学习方法在于识别一张图像中的目标物体，而大多数学校的方案是使

用了 TensorRT 进行加速，并优化了装甲板的四点模型。而目标遮挡是现实场景中一个十分常见的问题。通过借鉴主流的遮挡处理方式，修改 yolov5 底层逻辑，并采用深度学习处理点云提取点云特征，最终可以得到更为精准的目标识别效果。

如果哨兵仍具有赛前点云建图机会，那么可以将雷达站上搭载的激光雷达点云与哨兵建立的点云地图融合，但还未想好这部分数据如何处理，或许在已有完整点云地图的基础上，可以更好的将移动的机器人分离出来。

### 3、雷达多传感器融合

雷达站具有全局视野，而车载相机具有前方一定视场角范围内的局部视野，全局视野和局部视野可以取长补短，相辅相成，这是我们在 2023 赛季规则赛后调研时向官方提出的一些想法，也是官方在 2024 规则解读中所鼓励的角度。在这里，地面机器人本身被视作雷达站的一个“传感器”，从面向对象的角度理解，一台机器人也仅仅是雷达站的构建的一个子类罢了。因此下一阶段的压力给到了官方，能否保证低时延、高可靠的通信链路，以及开放更多通信方式的权限，向参赛队伍普及通信知识，解决室内信号干扰等问题。

而究竟地面机器人如何给雷达站透视，地面机器人可通过 pnp 解算，得到视野内目标机器人（该机器人在雷达站相机视角下被遮挡）与自身在相机坐标系下的差值，并将裁判系统给出的机器人定位信息或机器人自己计算得到的视觉里程计信息进行滤波处理，得到较为准确的自身全局定位，叠加后得到“透视”的敌方机器人坐标。

### 4、飞镖反导

在看了 23 赛季惊人的飞镖数据后，反导大抵是许多学校在秘密筹备的方案了。反导需要视觉组的同学具备飞镖空气动力学与弹道解算的相关知识，对知识水平要求、硬件资源、通信低延迟要求都极高，难度很大。

### 3. 团队架构

我们的战队架构类似企业中的强矩阵式组织架构，结合了以技术组为主导的职能型组织和以兵种组为主导的项目型组织两者的特点。目前战队按照不同技术方向分成机械、电控、硬件、视觉四个技术组，每个组都有 1-2 名同学担任组长；同时也按照不同的机器人分为英雄、工程、步兵、哨兵、飞镖、无人机、雷达七个兵种组，组里包含了来自不同技术组的队员共同完成该兵种的研发，每个兵种组也都有一名负责人。除此之外，还有宣传组和财务组负责宣传和财务的相关工作，并辅助团队的运营和建设。

团队架构如图所示。

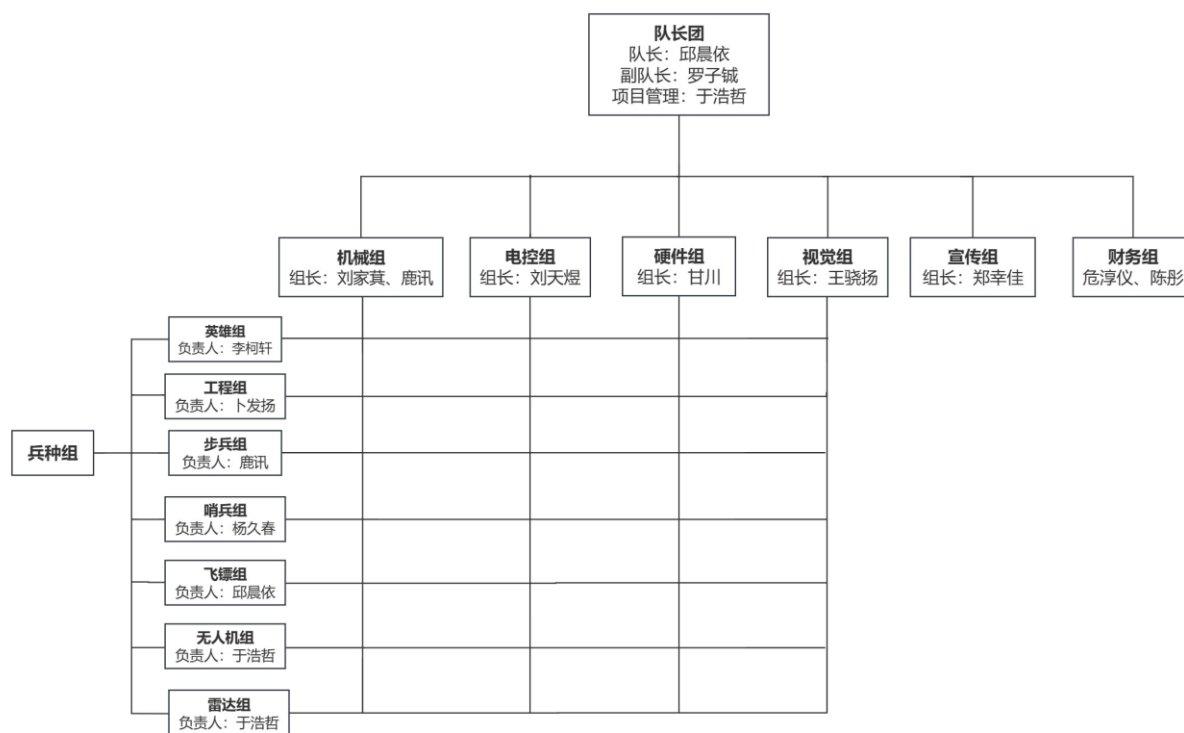


图 3-1 SuperPower 战队团队架构

全队的研发整体上以项目为导向，按照横向的项目组也即兵种组开展各项工作并进行管理，由兵种组长对该兵种全部任务负责。而兵种组间的协调、技术交流、资源调配等工作则由技术组承担。

具体各职务的职责与招募要求如下：

表 3-1 SuperPower 职务职责与要求

职位	分类	角色	职责职能描述	招募方向/人员要求	预计人数
指导老师			<ol style="list-style-type: none"> <li>1、团队总负责人，指导团队的发展建设和日常管理。</li> <li>2、与学校对接，为战队整合校内资源，争取场地和物资支持</li> <li>3、帮助队伍申请和落实各项经费，并指导竞赛期间团队经费的使用</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、战队所在的学校中具备科研、教学工作资格的讲师、教授或其他职务的教职人员。</li> <li>2、熟知队内核心管理事务；在相关事务上能与学校有效沟通。</li> </ol>	1
顾问			<ol style="list-style-type: none"> <li>1、根据自身经验，对战队的管理和运营方面存在的问题或优化方向提出意见和建议。</li> <li>2、利用自身深厚技术实力为战队提供技术支持，在研发和调试中为队员进行指导，答疑解惑。</li> <li>3. 对前沿技术进行探索和预研，为战队技术突破贡献灵感和思路。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、现任或退役老队员，具有两年以上参赛经验，熟悉队伍和比赛的相关情况，能在队内重大决策上进行指导。</li> <li>2、对队内 1~2 个技术方向较为熟悉，能够提供有效意见和指导。</li> </ol>	3-5
正式队员	管理层	队长	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、与 RoboMaster 组委会积极对接和沟通，及时向队内传达各项赛事资讯。</li> <li>2、管理队内资源使用情况，对经费与物资的使用进行审批和监督。</li> <li>3、组织队内各项工作的推进，对战队的人员分工进行统筹安排。</li> <li>4、与副队长、项目管理进行重大决策以及技术问题的讨论及确定。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、由上一届技术组长或兵种负责人担任，具有一定的管理经验和较好的沟通能力。</li> <li>2、参赛经验丰富，熟悉比赛相关事务、队伍内部及外联事务。</li> <li>3、掌握队内 1~2 个技术方向，熟悉机器人的整体开发流程。</li> </ol>	1

职位	分类	角色	职责职能描述	招募方向/人员要求	预计人数
			5、负责战队的建设和发展，组织队伍的技术传承。		
		副队长	<p>1、辅助队长开展各项工作，协助管理队伍技术发展，项目进展等工作。</p> <p>2、与队长、项目管理进行重大决策以及技术问题的讨论及确定。</p> <p>3、细化核心管理层提出的工作安排，并与各技术组长、兵种组长、运营组沟通安排除项目管理外的事务。</p>	<p>1、由上一届技术组长或兵种负责人担任，具有一定的管理经验和较好的沟通能力。</p> <p>2、参赛经验丰富，熟悉比赛相关事务、队伍内部及外联事务。</p> <p>3、掌握队内 1~2 个技术方向，熟悉机器人的整体开发流程。</p>	1
		项目管理	<p>1、主导项目管理工作，收集各方的技术需求，并根据实际情况形成项目计划书。</p> <p>2、提出全赛季项目进展整体安排，定期检查项目进展情况。</p> <p>3、与队长、副队长进行重大决策以及技术问题的讨论及确定。</p> <p>4、负责战队内部团队氛围建设及人际关系处理。</p>	<p>1、由上一届技术组长或兵种负责人担任，具有一定的管理经验和较好的沟通能力。</p> <p>2、参赛经验丰富，熟悉比赛相关事务、队伍内部及外联事务。</p> <p>3、掌握队内 1~2 个技术方向，熟悉机器人的整体开发流程。</p>	1
技术执行	机械	组长	<p>1、负责机械组的日常事务，包括组内人员的安排调配、机械物资采购与管理。</p> <p>2、关注所有机器人机械方面的进展情况，对机器人图纸方案进行审核；组织组内技术交流，带头攻克技术难点。</p>	<p>1、由上一届技术组长或核心组员担任，具有一定的参赛和研发经验。</p> <p>2、技术能力强，能够熟练使用 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。</p>	1

职位	分类	角色	职责职能描述	招募方向/人员要求	预计人数
			<p>3、组织机械组的新人培训和考核，</p> <p>4、进行机械相关技术文档的编写和整理，组织机械相关技术存档与传承。</p>	<p>3、具备一定的沟通交流和人际关系处理能力，热爱团队、认真负责。</p>	
		组员	<p>1、完成机器人机械方面的各项任务，包括机器人结构建模、零部件受力仿真及轻量化设计。</p> <p>2、机器人机械结构制造与装配、测试与迭代。</p> <p>3、配合电控进行整车测试与改进。</p>	<p>1、熟练使用 SolidWoWorks 进行三维建模；</p> <p>2、对机械相关知识具有浓厚兴趣，初步具备独立设计机械模块的能力。</p> <p>3、认真负责，能够积极解决研发过程中困难，按时完成任务。</p>	30
	电控	组长	<p>1、负责电控组的日常事务，包括组内人员的安排调配、机械物资采购与管理。</p> <p>2、进行战队机器人装置电气控制、软件编程开发，提供技术方面的辅助与支持。</p> <p>3、组织电控组的新人培训和考核，进行电控相关技术文档的编写和整理，组织电控相关技术存档与传承。</p>	<p>1、由上一届技术组长或核心组员担任，具有一定的参赛和研发经验。</p> <p>2、技术能力强，能够熟练使用 Cube、keil 等软件进行项目开发与机器人调试，熟知组内目前技术研发方向。</p> <p>3、具备一定的沟通交流和人际关系处理能力，热爱团队、认真负责。</p>	1
		组员	<p>1、编写、维护队内战车代码，调试机器人。</p> <p>2、进行机器人整车电气布置和维护。</p> <p>3、对机器人模块功能、整车性能及实车对战等方面进行大量测试。</p>	<p>1、熟练使用 Cube、keil 等软件进行项目开发；</p> <p>2、对嵌入式相关知识具有浓厚兴趣，熟悉机器人电控代码框架和各种常用控制算法；</p>	10



职位	分类	角色	职责职能描述	招募方向/人员要求	预计人数
				3、具有较好的自学能力与团队合作能力；	
	硬件	组长	<p>1、负责硬件组的日常事务，包括组内人员的安排调配、硬件物资采购与管理。</p> <p>2、制定硬件组研发目标，进行组内任务分配，带头攻克技术难关。</p> <p>3、组织硬件组的新人培训和考核，进行硬件相关技术文档的编写和整理，组织硬件相关技术存档与传承。</p>	<p>1、由上一届技术组长或核心组员担任，具有一定的参赛和研发经验。</p> <p>2、技术能力强，熟悉 PCB 设计原理和相关绘制软件，熟练掌握电子电路相关知识。</p> <p>3、具备一定的沟通交流和人际关系处理能力，热爱团队、认真负责。</p>	1
		组员	<p>1、进行机器人硬件平台的设计与搭建；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。</p> <p>2、辅助电控进行机器人硬件平台的测试和电气线路的维护。</p>	<p>1、熟悉 PCB 设计原理和相关绘制软件，具备电子电路基础知识；</p> <p>2、对硬件相关知识具有浓厚兴趣，具有较好的自学能力与团队合作能力。</p>	2
	视觉	组长	<p>1、负责视觉组的日常事务，包括组内人员的安排调配、视觉物资采购与管理。</p> <p>2、进行机器人视觉相关算法的研发测试与部署；针对算法相关问题提供指导和意见，牵头解决算法方面技术难点。</p> <p>3、组织视觉组的新人培训和考核，进行视觉相关技术文档的编写和整理，组织视觉相关技术存档与传承。</p>	<p>1、由上一届技术组长或核心组员任，具有一定的参赛和研发经验。</p> <p>2、技术能力强，熟悉各种常用视觉算法，熟知组内技术研发方向；对嵌入式和自动控制知识有一定了解。</p> <p>3、具备一定的沟通交流和人际关系处理能力，热爱团队、认真负责。</p>	1

职位	分类	角色	职责职能描述	招募方向/人员要求	预计人数
		组员	<p>1、战车视觉算法研发编写及维护</p> <p>2、配合电控进行代码部署及测试。</p>	<p>1、熟悉 C++/Linux、机器视觉；</p> <p>2、对视觉相关知识具有浓厚兴趣了解机器学习、目标识别；了解自动控制、嵌入式。</p> <p>3、具有较好的自学能力与团队合作能力。</p>	10
		兵种负责人	<p>1、制定本兵种此赛季的技术方向与目标，与各技术组组长、队长共同审查该机器人技术方案。</p> <p>2、对技术目标进行任务分解，为兵种组内成员分配研发任务。</p> <p>3、管理本兵种研发进度，定期开展组会检查任务进展情况。</p> <p>4、组织不同技术方向的组员联合进行机器人的各项测试工作。</p>	<p>1、由上一届该兵种组长或核心组员担任，具有一定的参赛和研发经验。</p> <p>2、技术能力强，熟知组内技术研发方向。</p> <p>3、具备一定的沟通交流和人际关系处理能力，热爱团队、认真负责。</p>	
	运营执行	宣传	<p>1、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；</p> <p>2、负责团队氛围建设，组织各类团建活动</p> <p>3、负责与其余战队联系交流。</p>	<p>1、熟悉 PS、PR 等软件的应用</p> <p>2、平面设计能力及文字功底</p> <p>3、有视频策划、制作能力</p> <p>4、热爱赛事文化、热爱团队，具备一定的沟通交流能力。</p>	3

职位	分类	角色	职责职能描述	招募方向/人员要求	预计人数
		招商	1、负责战队与外部企业的联系， 2、负责撰写完善的招商方案与寻找合适的赞助商，为战队提供资金赞助；3、负责战队与赞助商和外部企业交流时的全程安排 4、负责战队商业活动的安排	1、对商业方案的撰写和安排有一定了解。 2、有视频策划、制作能力。 3、有商业交流能力。	1
		财务	1、负责战队财务申报、日常流水管理。 2、负责物资出纳、采购、协调、汇总。 3、负责实验室的日常管理。	1、熟悉学校财务报销流程 2、能制定并监督执行战队财务管理体系 3、积极参与战队财务事宜讨论，并参与制定赛季预算计划。	2
梯队 队员		机械	1、学习机械使用的软件及设计思路。 2、积极参与战队日常活动。 3、参与部分简单机械结构的开发、测试与迭代。	1、对 SolidWorks 或同类三维建模软件有初步了解。 2、修完或正在修机械制图/画法几何课程。 3、对机械设计比较感兴趣。	5
		电控	1、学习电控使用的软件及 Debug 思路。 2、积极参与战队日常活动。 3、参与部分简单的嵌入式开发、测试与迭代。	1、对嵌入式开发及其常用软件有初步了解。 2、对 C 语言有一定了解或感兴趣。 3、对嵌入式开发比较感兴趣。	3
		硬件	1、学习硬件使用的软件及 PCB 设计的思路。 2、积极参与战队日常活动。	1、对硬件开发及其常用软件有初步了解。 2、对电子电路知识有一定了解或感兴趣。	2

职位	分类	角色	职责职能描述	招募方向/人员要求	预计人数
			3、参与部分简单的硬件开发、测试与迭代。	3、对硬件开发比较感兴趣。	
		视觉	1、学习视觉使用的软件及简单算法思路。 2、积极参与战队日常活动。 3、参与部分简单的算法的开发、测试与迭代。	1、对视觉基本原理有初步了解 2、对 C/C++/Python 中至少一门语言有一定了解或感兴趣。 3、对算法开发比较感兴趣。	3
		运营	1、学习运营使用的软件。 2、积极参与战队日常活动。 3、参与部分简单运营事务。	1、对 RoboMaster 比赛有一定了解。 2、对运营比较感兴趣。	3

## 4. 资源可行性分析

### 4.1 上赛季资源使用情况

#### 1、资金使用情况

上赛季的预算使用情况如下表所示：

表 4-1 上赛季预算使用情况

投入项目	预算数额（元）	实际数额（元）	备注
步兵机器人	30000	37152.84	步兵本赛季造了 2 辆车
工程机器人	15000	19460.25	工程机器人六自由度机械臂结构电机数量需求与价格超过预期计算
英雄机器人	12000	9563.27	没有造新车
自动哨兵机器人	20000	25470.21	重点投入兵种
空中机器人	32000	35893.23	更换电机较多
飞镖	5000	4683.22	没有造新镖架
雷达	6000	6823.21	使用了 Livox
差旅	30000	31529.42	中途租了酒店的会议室
其他（运营等）	5000	6100.68	制作了较多的周边
总计	155000	176673.33	部分兵种根据实际情况做出调整，略有超出预算

从上表中可以看出，上赛季的预算使用存在相当比例的超支情况。具体分析如下：

(1) 部分兵种所需的电气设备，如电机、小电脑等，实际使用了与原规划中不同的设备，或

是发生损坏，造成了额外的较高开支。

(2) 没有对兵种研发过程中由于返工、重新设计等原因造成的支出留出足够的冗余。

(3) 对于赛季全流程中的资金流动情况没有做好跟踪，部分非必需的支出未被否决，造成超支。

## 2、资源使用情况

资源使用部分，队内的大额资产，如机械工具、裁判系统、电机、相机、小电脑等，存在没有充分利用的情况，经常在实际上还有电机可用的情况下购买新的电机，造成浪费。

## 3、资源使用优化

为了解决以上问题，我们在本赛季设立如下制度：

(1) 在 2024 赛季各兵种组制定赛季目标之后便确定各兵种所需的预算和物资清单，再交由管理组审核通过，据此制定本赛季的资源分配计划并规划资金使用，并在原有预算额度上预留一定比例的冗余额度。

(2) 平均 2 周追踪一次全队的开支情况，对一段时间内的支出进行统计并与计划进行比对，对于超出预期的开支查明原因之后及时调整。

(3) 设置物资管理规范。我们在飞书平台上建立了队伍固定资产清单，并规定了如图所示的物资管理规范。规范明确要求固定资产上需要打上唯一的标识符，并登记于清单中；所有固定资产的用途、好坏情况、对应负责人都需登记到清单上，一旦有任何信息发生变动都需及时同步到表单中。管理组依托于清单实时追踪各种资产当前的使用情况，及时调配资源，减少资金和资源的浪费。

□	编号	所属大类	名称	标签	管理人	状态	所属兵种	负责人	备注
	97	电气设备	M3508	MT08-32		部署	8号飞镖		无减速箱
	98	电气设备	M3508	MT08-33		部署	8号飞镖		无减速箱
	99	电气设备	M3508	MT08-34		部署	8号飞镖		无减速箱
	100	电气设备	M3508	MT08-35		部署	8号飞镖		无减速箱
	101	电气设备	M3508	MT08-36		部署	8号飞镖		无减速箱
	103	电气设备	M3508	MT08-37		部署	8号飞镖		无减速箱
	104	电气设备	M3508	MT08-38		部署	5号步兵		
	105	电气设备	M3508	MT08-39		部署	5号步兵		
	106	电气设备	M3508	MT08-40		部署	5号步兵		
	107	电气设备	M3508	MT08-41		部署	5号步兵		
	108	电气设备	M3508	MT08-42		部署	1号英雄		新英雄拨弹盘
	109	电气设备	M3508	MT08-43		在库			哨兵舵轮测试借用
	110	电气设备	M3508	MT08-44		在库			哨兵舵轮测试借用
	111	电气设备	M3508	MT08-45		在库			哨兵舵轮测试借用
	112	电气设备	M3508	MT08-46		部署	5号步兵		无减速箱
	113	电气设备	M3508	MT08-47		部署	5号步兵		无减速箱
	114	电气设备	M3508	MT08-48		外借	1号英雄		中心供弹借用

图 4-1 固定资产清单

# 物资管理规范

9月9日创建

战队固定资产清单如下，大部分物资上均贴有打标机打印出的标签。仅物资管理员具有文档编辑权限。

[SuperPower战队固定资产清单](#)

## 1、固定资产类别

1. **裁判系统**：官方裁判系统的各种模块
2. **电气设备**：各种电机、遥控器、开发板、电池、电池充电器
3. **视觉设备**：雷达、相机、小电脑、树莓派等
4. **大型设备**：NAS、3D打印件、雕铣机

## 2、标签含义

每一个物资均有独一无二的标签。一个典型的标签，如"MT08-01"，分为三个部分；"MT"表示大类Motor，"08"表示小类3508电机，"01"表示同类的第1个设备。

如设备损坏等原因更换设备时，可在新设备上打上原有的标签，并撕去原设备上的标签。请勿重复使用标签。

## 3、状态定义

1. **部署**：该物资已安装在机器人上，并将长期在该机器人上使用。  
eg.安装在4号步兵上的主控模块，状态为"部署"，所属兵种为4号步兵。

图 4-2 物资管理规范

## 4.2 本赛季可用资源概述

表 4-2 本赛季可用资源

类别	来源	物资名称	数额	初步使用计划
资金	学院预算	报销额度	12.5 万元	研发/运营/差旅使用
	企业赞助	赞助额度	4.5 万元	研发使用
物资	往届遗留	裁判系统	4 套	机器人调试
		M3508 电机/C620 电调	68 个	机器人制作/调试
		M2006 电机/C610 电调	32 个	机器人制作/调试
		GM6020 电机	17 个	机器人制作/调试
		DMJ4310 电机	9 个	机器人制作/调试

		MG8016 电机	2 个	机器人制作/调试
		C 型开发板	22 块	机器人制作/调试
		TB47/48 电池	22 块	机器人制作/调试
		mid-360 雷达	1 个	机器人制作/调试
		mid-70 雷达	2 个	机器人制作/调试
		OAK 深度相机	2 个	机器人制作/调试
		迈德威视工业相机	6 个	机器人制作/调试
		Intel NUC8	4 台	机器人调试
		Intel NUC12	3 台	机器人调试
		morefire S500+	2 台	机器人调试
加工资 源	往届遗留	雕铣机	1 台	玻纤板加工
	往届遗留/ 队员赞助	拓竹 3D 打印机 PIP	2 台	3D 打印
宣传资 源	社交平台	官方 B 站账号 TJRoboMaster	1 个	宣传媒介
		官方微信公众号 TJRobomaster	1 个	宣传媒介

### 4.3 本赛季资金预算分配规划

表 4-3 本赛季预算分配规划

模块	可用资金预算	备注（如有）
步兵	25000	制造一台舵步，迭代两台麦步和一台平步
英雄	15000	制造中心供弹新英雄，并进行气动发射研发
工程	25000	制造框架式新工程及部分场地道具



哨兵	12000	制造新舵轮底盘哨兵
无人机	12000	更换部分电机，修改云台及机架
飞镖	3000	修改镖体和发射架
雷达	3000	更换相机
运营	8000	宣传物资及团建
差旅	35000	预留联盟赛及区域赛使用
物资	20000	物资储备
其他	10000	实验室维护等
总计	168000	

## 4.4 资源可行性分析

除了运营和差旅所需的部分预算，4.2 小节总结的本赛季可用资源将全部用于 2.3 小节和 2.4 小节提到的各类项目。赛季初，我们严格按照各兵种组提交的项目计划为各兵种组分配预算，并留有部分冗余。考虑到现有的预算收入来源于学院和赞助商，可以保证最终收入额度与预计相差无几，因此资金方面可以支撑研发项目规划。而技术、人员、时间等方面的各种因素在制定项目计划书时也已经过初步考虑，同样可以满足项目规划的需求。

然而，结合前几个赛季的经验，现有的资源仍存在不足的风险。具体而言存在以下几个方面的风险：

(1) 赛季中期原定使用的电机等电气设备可能会推出价格更高的新款，而新款经过分析后更符合我们需求，因此决定改用新款，从而增加资金支出。

(2) 赛季中期发现兵种重要模块出现严重设计失误，导致必须返工重新设计，超出原本预计花费的人力和物力。

(3) 赛季中期由于技术交流、他队开源等因素中途决定进行赛季初没有规划的技术储备研究，额外消耗大量资源。

(4) 赛季中期队员由于学业等原因退队或长时间未能完成任务，导致进度拖延。

(5) 进度规划存在一定问题，或项目进展过程中进度追踪存在一定问题，导致项目进展不利的情况一再出现，严重影响整体进度安排。

(6) 赛季初预计能够做出来的关键技术由于技术门槛过高，或遇到前所未有的奇怪现象等原因导致技术无法实现。

考虑到以上风险的出现概率不低，我们设计了如下预防和解决风险的措施：

(1) 积极推进招商计划，获得更充足的预算来抵御资金不足的风险。

(2) 项目立项之初便仔细对可行性、有利程度和消耗资源进行分析并进行权衡，否决没有太大必要进行的项目，并搁置没有必要当下进行的项目。

(3) 管理层定期与兵种组长召开项目汇报会，把握每一个项目的进展情况。对于进展不利的项项目根据具体情况协调人员或技术支持。

(4) 定期与队员沟通，了解队员在学业、生活中存在的困难，在力所能及的范围内给予一定帮助。

(5) 及时与其他队伍，尤其是同时研究同类技术的队伍沟通。遇到技术问题积极寻求帮助。

## 5. 宣传及商业计划

### 5.1 宣传计划

#### 1、宣传的目的

在这个传播随处可见的时代，去刻画属于队伍、属于赛事的社会群像。

##### (1) 队内层面

SuperPower 战队时至今日已开启属于自己的第十个赛季。战队的组织结构日渐趋于完整，组织容量也逐渐扩大。我们愈来愈需要一个具象化的事物来作为载体去承载这一路的传承、去承载同一个梦想。而宣传的产物便是这个载体，用每一个的个体去刻画群像，去勾勒整个团队的核心模样。

##### (2) 对外交流

赛场是 RM 永恒的命题，竞技是这场赛事区别于其他学科竞赛的最大亮点。在这个竞技场上的每一个队伍，都同属于同一个 RM 赛事文化，每一个队伍也都是 RM 赛事文化构建的一部分。宣传是表达和外化队伍文化的一个重要组成方式、也是构建起队伍与队伍之间相互交流的一个重要途径。

#### 2、宣传指标

##### (1) 现有宣传平台指标

表 5-1 现有宣传平台

		2023 赛季实际情况			2024 赛季预期		
平台	账号名	曝光总量	内容数量	平均曝光量	曝光总量	内容数量	平均曝光量
b 站	TJ RoboMaster	62336	32	1948	150000	60	2500
微信公众 号	TJ Robom	6155	21	294	8500	26	327

	aster					
--	-------	--	--	--	--	--

b 站内容展示:


























 <p>一起来成为RMer吧 招新视频第一弹</p> <p>1317 7-7</p>	 <p>RM向 毕业歌会MV《我们都拥有海洋》</p> <p>1558 7-1</p>	 <p>【[RM2023][TJU]鸣兵猛疯了!!!】——这是我横跨三年的一</p> <p>1730 6-17</p>	 <p>英雄车的机械组妹妹有多可爱!</p> <p>7047 6-15</p>	 <p>来看看分区赛的周边交流吧~</p> <p>1143 6-14</p>
 <p>济遇——super power采访</p>	 <p>分区赛 高燃时刻</p>	 <p>分区赛vlog</p>	 <p>2023赛季先导片   梦想与热爱共筑荣光</p>	 <p>联盟赛回顾   这段未来可负所托</p>
 <p>系统辨识PID全流程</p> <p>3998 1-10</p>	 <p>电控代码串讲-步兵与英雄-2</p> <p>818 2022-11-10</p>	 <p>电控代码串讲-步兵与英雄</p> <p>3617 2022-11-10</p>	 <p>电控代码串讲-能量机关</p> <p>664 2022-11-10</p>	 <p>视觉组第二次培训</p> <p>526 2022-10-4</p>
 <p>机械组第七次培训视频</p> <p>270 2022-10-4</p>	 <p>机械组第六次培训</p> <p>598 2022-9-27</p>	 <p>机械组第五次培训视频</p> <p>269 2022-9-27</p>	 <p>电控第四次培训-2</p> <p>443 2022-9-23</p>	 <p>机械组第四次培训视频</p> <p>343 2022-9-23</p>
 <p>电控第四次培训-3</p> <p>448 2022-9-23</p>	 <p>电控第三次培训-3</p> <p>283 2022-9-23</p>	 <p>电控第三次培训-2</p> <p>358 2022-9-23</p>	 <p>电控第四次培训-1</p> <p>419 2022-9-23</p>	 <p>机械组第二次培训视频</p> <p>430 2022-9-18</p>

图 5-1 B 站内容展示

公众号内容展示:



图 5-2 公众号内容展示

## (2) 预计增设宣传平台

预计增设微信视频号作为战队的宣传平台。

增设原因：

鉴于目前战队微信公众号有一定的粉丝基础，公众号单一图文传播仅受限于已关注对象，而不能基于已有粉丝数进行较大的对外扩充。可以通过增设微信视频号的平台运营，依托与其“社交关系”的推流方式以及熟人关系的推荐逻辑，可以有效通过已关注公主号的粉丝进一步对外扩充。

## 3、宣传规划：

表 5-2 宣传规划

时间	事件	活动目的	活动内容	备注
2023 年 8 月	招新准备	招新准备	1. 招新海报、招新推送、 招新视频制作 2. 招新物料制作	

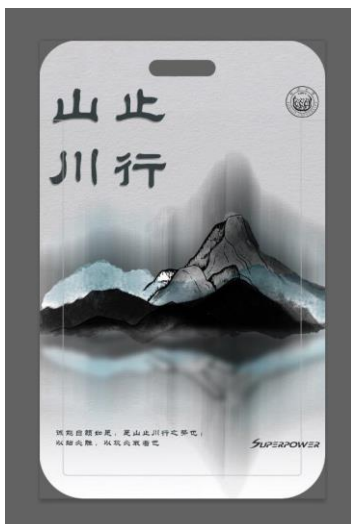
2023 年 9-10 月	招新	招募尽可能多的预备队员，为后续考核筛选提供充足候选池	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 百团大战</li> <li>2. 满天星摆摊</li> <li>3. 招新宣讲会</li> </ol>	
2023 年 11 月	外校交流	让新队员提前感受赛事氛围，融入集体，了解赛事	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. 邀请西交利物浦战队前往实验室参观交流</li> <li>5. 前往上海工程技术大学进行友谊赛</li> </ol>	
2023 年 12 月-2024 年 1 月	队内活动策划 队伍 ip 形象设计	增强队伍氛围、提取队伍文化	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 敲定战队 ip 形象</li> <li>2. 跨年活动设计</li> </ol>	
2024 年 2 月-3 月	联盟赛出征准备	联盟赛出征准备	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 周边设计制作</li> <li>2. 赛事海报制作</li> </ol>	
2024 年 3-4 月	联盟赛	联盟赛期间的拍摄记录 视频剪辑	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 战队参赛记录</li> <li>2. 周边交流</li> </ol>	
2024 年 5-6 月	分区赛	分区赛期间的拍摄记录 视频剪辑	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 战队参赛记录</li> <li>2. 周边交流</li> </ol>	
2024 年 7-8 月	全国赛	分区赛期间的拍摄记录 视频剪辑	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 战队参赛记录</li> <li>2. 周边交流</li> <li>3. 赛季纪录片</li> </ol>	

4、周边规划：



(1) 2023 赛季周边展示：（预计再制）

（钥匙扣）



（卡套）



（笔记本）



（手环）

(2) 2024 赛季周边预设:

战队 ip 形象盲盒

机器人贴纸

定制雨伞

战队名称项链

(设计中)

## 5.2 商业计划

### 5.2.1 招商客户规划

#### 1、客户行业

首先，组委会对招商对象的行业有一定限制，限定在科技产品研发行业、智能算法研发行业、电子通讯行业、汽车行业、餐饮行业、娱乐行业、公益领域、创意产业行业等领域内。而综合考虑队伍实际情况与自身招商资源优势，我们的招商目标客户行业主要集中在以下几类：

(1) 科技行业。这类企业常常对 RM 赛事有较高的关注度，也有较强的意愿赞助参赛队伍；而企业产品又与战队研发开销直接对口，如电子元件、3D 打印机等等。这类企业往往能赞助我们参赛急需的物资和设备，而对企业自身来说所耗费的成本又远低于市场价值，对合作双方而言是一个双赢的局面。

(2) 教育行业。依托学校的声望和战队的校内影响力，我队在吸引教育类企业上具有得天独厚的优势。这类企业一般能够提供经费支持，但相应的权益要求和宣传活动需求也会更高。

(3) 其他行业。主要是依靠战队和院校关系资源能够联系到的各类企业，包括汽车行业、零配件产业等等，分布较广泛，需要视具体情况进行分析。

#### 2、合作模式

我队招商合作模式分为两种：

(1) 战队冠名赞助商：赞助总价值 120,000 元人民币以上，可获得战队提供的所有权益，仅



有一席。

(2) 品牌合作伙伴，赞助总价值 20,000 元人民币以上，可获得战队提供的大部分权益，可有若干席。

### 3、渠道来源

(1) 在校友企业中寻找合作伙伴。从同济大学走出去的很多校友都有很好的发展，他们有能力并乐意为我们这类学生科创团队提供帮助。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。

(2) 通过互联网寻找赞助商。我们备赛采购产品的供应商有很大一部分是年轻的科技企业，他们在 B 站、微信公众号、微博等平台十分活跃，其中亦有许多企业曾经为 RM 队伍提供过赞助。因此我们也计划通过互联网平台与这些企业进行联系，寻找有合作意向的商家。

(3) 通过队内人脉关系联系企业。通过有较强人脉的队员、指导老师等成员作为中间人，战队能够比较容易地联络到具有合作意向的企业。许多老队员毕业后进入各类优秀企业工作，自身具有较强的人脉关系，可通过私人渠道联络到一些赞助商；指导老师也能够协助战队找到一些与学院具有长期合作关系的企业，协助战队进行招商。

## 5.2.2 招商资源

招商工作既是对招商成员的一种考验，也是对战队综合实力的一种检验。在参赛队伍进行招商时，院校区域、院校层次、队伍成绩三个方面的因素很大程度上决定了队伍的招商资源。我队的近年来的比赛成绩并不突出，作为一支由学生组成的战队能够利用的直接资源也比较有限；但是学校、学院、指导老师等方面都可以为我们提供非常丰富的间接资源。分析我队的招商资源优势如下：

### (1) 技术资源优势

SuperPower 机器人战队经历了八年的迭代，参与了多届 RoboMaster 超级对抗赛，数年的研发和参赛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哨兵自动导航、机械臂抓取、机器视觉图像识别等研究中积累了大量经验。除了 RoboMaster 相关赛事，战队队员还积极组队参与各类竞赛，在机械创新设计大赛、上图杯、起重机大赛等比赛中历年来获奖颇丰；每年战队也利用比赛技术孵化了众多上海市级、国家级创新创业训练等项目，可见战队拥有极其丰富的技术资源优势。

## （2）宣传资源优势

上个赛季战队的宣传工作尤为出色，为战队带来了大量优质宣传资源。战队在各平台上的原创内容丰富、流量突出，B 站账号发布了大量优质技术向与宣传向视频，长期以来积累了 3700+ 粉丝，单个视频最高播放量 2.2w；公众号平台创作了众多优秀内容，作品亦经常被校级平台转载；战队创意周边的开发能力也较强，在上个赛季制作的笔记本、魔方、钥匙扣等周边产品大受欢迎，获得了大家的一致好评。可见战队在学校内外宣传面极为广泛，具有较强的品牌宣传推广能力。

## （3）学校资源优势

同济大学是中华人民共和国教育部直属的全国重点大学；国家“双一流”建设高校，国家“985 工程”和“211 工程”建设高校。SuperPower 机器人战队代表着同济大学的形象，也享有同济大学的光环，依托学校的声望和资源能够吸引到很多优秀赞助商。战队隶属于同济大学机械与能源工程学院，由辅导员何俊杰老师亲身指导，在校团委、教务处及学院党委的大力支持下成立；同时依托战队建立了同济大学机器人协会社团，积极参与各类校级活动，在校内影响广泛。因此战队能够整合来自校园的多方资源，并向学校正当提出一切合理需求，从而为合作伙伴带来各种权益。

## （4）人才资源优势

战队队伍成员涵盖同济大学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、艺术与传媒学院等大二至研二的优秀学生。队内有众多成绩优秀、能力出众的队员，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。可见战队拥有极为优质的人才资源，能帮助合作伙伴从校园中发掘优秀人才，并助力企业校招活动在校园中的开展。

## 5.2.3 招商目标规划

### 1、招商目标

我们的预算并不是非常充裕，尤其在某些较为前沿技术的研发上，设备技术水平较低很大程度上阻碍了研发的推进。因此我们期望通过招商来改善这一困境，借助招商为战队获取资金支持、产品赞助、场地支持、生产加工支持、物流支持等一系列利益。虽然同时发展技术和商业实力会对精力有限的队员造成压力，但强有力的技术水平会使战队更具商业价值，而

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。综合评估战队的招商资源和上赛季的招商成果，本赛季招商目标定为赛季总预算的五分之一，即招商获得资金与产品服务折合市场价值之和大约 4.5 万元。

## 2、赞助权益

### (1) 宣传权益

表 5-3 宣传权益

序号	合作形式	说明
1	战队冠名权	受赞助战队的队伍冠名权限
2	战队指定使用产品	受赞助战队在比赛过程中，使用赞助商指定的相应产品或服务
3	战车车体广告	受赞助战队的战车车体上可体现赞助企业的广告位置
4	战队比赛服饰广告	受赞助战队的队员的比赛服饰上可体现赞助企业的广告位置
5	比赛采访广告	比赛期间参赛队员接受各媒体不定期的采访可提及赞助商及相关产品
6	校内展位广告	校园展位展示时可体现赞助企业的广告位置，或展示指定产品
7	实验室公众号广告	同济大学机器人战队公众号推送可体现赞助企业的广告位置
8	校内外新闻宣传广告	校内外发布的战队比赛新闻，对赞助企业可起到宣传作用
9	校内视频宣传广告	校内比赛、招新等视频可体现赞助企业的广告位置
10	实验室自制宣传品广告	战队宣传所用的自制海报、宣传手册等可体现赞助企业的广告位置

11	校内比赛场地宣传	战队举办的校内比赛的场地可体现赞助企业的广告位置
12	其他未列入项目	具体项目洽谈商定

(2) 人才合作权益

同济大学 SuperPower 战队建队九年来，获得多项国家级大奖，常驻队员 60 多名，各培养出 100 多名优秀机电一体化人才，每一届大多数队员都保研至本校或上海交通大学等优秀理工科院校。企业可以通过赞助 SuperPower 机器人战队，来与我队培养出的优秀机电一体化人才相互深入了解，以便招聘时进行双向选择；同时也可以与机器人实验室进行技术上的交流。

(3) 校招宣传权益

同济大学 SuperPower 战队可在同济大学春秋校招期间在校园内提供宣传服务，并协助贵公司在校园内开展宣讲会、招聘会等校招活动；可利用战队在同济大校园内的影响力，在各种活动中扩大公司知名度并推广产品，吸引应届生参与贵公司的招聘活动。

(4) 宣传广告投放

①战车车体可体现广告区域：所有战车的车壳均有广告区域

②广告区域面积：

冠名赞助商：150mm\*150mm

品牌合作伙伴：60mm\*60mm

战队比赛服饰可体现赞助商广告位置，

参赛队的队服上可出现赞助企业的商标图案

图案大小不小于 A4 纸大小(210mm×297mm)



图示仅供参考，可根据实际情况进行调整

图 5-3 队服广告示意

(5) 海报:

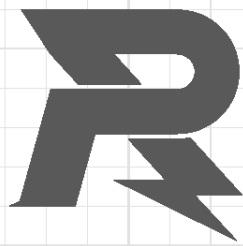
冠名赞助商广告信息区域面积不小于总面积的  $1/25$  (即  $1/5$  宽\*  $1/5$  长)。

品牌合作伙伴广告信息区域面积不小于总面积的  $1/100$  (即  $1/10$  长\* $1/10$  宽)。

(6) 易拉宝:

冠名赞助商广告信息区域面积不小于总面积的  $1/40$  (即  $1/4$  宽\*  $1/10$  长)。

品牌合作伙伴广告信息区域面积不小于总面积的  $1/160$ (即  $1/8$  长\* $1/20$  宽)。



邮箱: [robomaster@dji.com](mailto:robomaster@dji.com)

论坛: <http://bbs.robomaster.com>

官网: <http://www.robomaster.com>

电话: 0755-36383255 (周一至周五10:30-19:30)

地址: 广东省深圳市南山区西丽街道仙茶路与兴科路交叉口大疆天空之城T2 22F