



Using a 33-55 motor driver chip and Field-Effect Control (FEC), the RoboMaster C820 Brushless DC Motor Speed Controller enables precise control over motor torque.

Exclusively designed for the RoboMaster M820S P19 Brushless DC Gear Motor and C820 Brushless DC Motor Speed Controller, this 48-hole Assembly Kit includes an external ribbon and a terminal board.

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

The M820S Assembly Kit includes external ribbon and a terminal board, ensuring a complete assembly system when for four independent motors.

ROBOMASTER 2023

机甲大师超级对抗赛

赛季规划

同济大学 SuperPower 战队 编制

2022年12月 发布

目录

| | |
|---------------------------|-----------|
| 1. 团队目标 | 5 |
| 1.1 目标、依据 | 5 |
| 1.2 目标实现具体方法 | 7 |
| 2. 文化建设 | 8 |
| 2.1 对比赛文化及内容的认知及解读 | 8 |
| 2.2 队伍核心文化概述 | 10 |
| 2.3 展示团队文化建设的具体方案 | 11 |
| 2.3.1 基础文化建设情况现状及分析 | 11 |
| 2.3.2 团队文化建设时间轴 | 12 |
| 2.3.3 文化建设执行规划 | 13 |
| 3. 项目分析 | 15 |
| 3.1 规则解读 | 15 |
| 3.1.1 比赛机制调整 | 15 |
| 3.1.2 机器人调整 | 16 |
| 3.1.3 场地调整 | 18 |
| 3.2 研发项目规划 | 19 |
| 3.2.1 步兵机器人 | 19 |
| 3.2.2 哨兵机器人 | 27 |
| 3.2.3 英雄机器人 | 33 |
| 3.2.4 工程机器人 | 38 |
| 3.2.5 飞镖系统 | 42 |
| 3.2.6 雷达 | 46 |
| 3.2.7 空中机器人 | 48 |
| 3.2.8 人机交互 | 49 |
| 3.3 技术储备规划 | 50 |
| 3.3.1 机械部分 | 50 |
| 3.3.2 嵌入式部分 | 65 |
| 3.3.3 硬件部分 | 76 |
| 4) USB 和 CAN | 77 |
| 3.3.4 视觉部分 | 78 |
| 3.3.5 控制框架部分 | 82 |
| 3.4 团队架构 | 84 |
| 3.5 团队招募计划 | 86 |

| | |
|-------------------------|------------|
| 3.6 团队培训计划 | 88 |
| 3.6.1 流程阐述 | 88 |
| 3.6.2 培训目标 | 88 |
| 3.6.3 培训形式 | 90 |
| 4. 基础建设 | 92 |
| 4.1 可用资源分析 | 92 |
| 4.2 协作工具使用规划 | 94 |
| 4.3 研发管理工具使用规划 | 97 |
| 4.4 资料文献整理 | 100 |
| 4.5 筹集资金计划及成本控制方案 | 100 |
| 4.5.1 成本管理 | 100 |
| 4.5.2 资金筹集计划 | 101 |
| 5. 运营计划 | 102 |
| 5.1 宣传计划 | 102 |
| 5.1.1 公众号运营 | 102 |
| 5.1.2 线下活动 | 102 |
| 5.1.3 比赛期间 | 102 |
| 5.1.4 社团活动 | 103 |
| 5.1.5 宣传时间轴 | 103 |
| 5.2 商业计划 | 104 |
| 5.2.1 资源来源规划 | 104 |
| 5.2.2 招商计划 | 104 |
| 6. 团队章程及制度 | 109 |
| 6.1 团队性质及概述 | 109 |
| 6.2 团队制度 | 109 |
| 6.2.1 审核决策制度 | 109 |
| 6.2.2 值班制度 | 118 |
| 6.2.3 例会制度 | 118 |
| 6.2.4 人员管理制度 | 119 |
| 6.2.5 财务管理制度 | 119 |
| 6.2.6 档案资料管理制度 | 120 |
| 6.2.7 实验室管理制度 | 121 |

1. 团队目标

1.1 目标、依据

1) 成绩

在比赛成绩上，本赛季希望能够进入全国赛，并在一段时间内都将保持此作为队伍的目标。做出这样的决定是综合考虑了队伍的目前能力、学校的整体氛围、学校的竞赛政策和其他队伍的发展情况。

资金上，较为充裕，可以购买相对多的技术装备，这是我们的一大优势，在研发过程基本不会因为资金问题导致方案变化。场地上，队伍目前有三块分开的小型场地，这意味着大多数时间整个队伍并不能待在一起进行研发测试，从实际效果上来看极大地延长了队伍的研发和迭代周期。人员上，由于分校区的缘故，因此往年只能依靠大三主力，今年通过优化培训体系以期可以使大二成为队伍的主力。从技术上，队伍在机械方面有更多的积累，视觉、导航及硬件方向底子较薄，仍需要一定时间追平与其他中等队伍的差距。政策上，各学院对于竞赛的态度较为割裂，对各院自办的竞赛也存在较大程度的保护。我们依然有一颗冠军的心，但是从队伍的角度上，为了更合理地分配宝贵的人力资源和研发资源，任何的目标制定都必须考虑外界的不可抗、不可改变因素，也必须考虑整体政策变化的趋势。在经过多次讨论后，我们认为进入全国赛是我们应该的、但同时也是我们最高能够达到的目标。

2) 培养体系

由于本校校区及专业安排问题，若采用传统梯队制度，那么队伍主力只能依靠大三，而大三的学生处在一个关键的时间节点，这显然是不可靠的。因此队伍从去年开始取消了梯队制度，转而建设更紧密有效的培训体系，通过理论与实践结合的校内赛培训及选拔、更紧密合作的老带新，以及重新设置的兵种组制度来更迅速地培养队员。同时，我们计划在主校区建立分部用以承担大一培训和选拔的职能，这可使队伍进一步年轻化，延长队员在队时间，达到深化技术的最终目的。

目前以队内的规模，老带新基本可以维持 1 对 1 的工作模式，在技术进度和培训效果上能获得比较好的平衡。

3) 组织架构

在组织架构上，除技术组划分外，根据上一赛季项目组的失败经验，我们改变思路设立了兵种组，这一划分对兵种进度能起到很好的促进作用。兵种组作为同样长期存在的组别，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。技术组只承担技术培训、通用底层技术研发、技术文档撰写、物资调配的工作。

此外为了适应比赛的变化，对于原有技术组的架构也进行了调整，详见下表。

表 1-1 技术组架构调整

| 组别 | | 职能 |
|------------|-----|---|
| 机械组 | | <ol style="list-style-type: none"> 1. 机器人结构设计。 2. 建立机器人动力学、运动学模型，并完成算法的验证和仿真。 3. 机器人装配工作。 |
| 电控组（下辖硬件组） | | <ol style="list-style-type: none"> 1. 嵌入式代码及代码框架设计。 2. 裁判系统、UI 部分的代码编写。 3. 将机械组提供的算法部署于实机上。 4. 维护嵌入式代码底层。 5. 对于控制器的研究。 |
| ---- | 硬件组 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 超级电容制作、优化及调试。 2. PCB 板绘制及贴片。 3. 特殊结构电机及滑环的研制工作。 4. 通讯转接板的设计制造。 |
| 视觉组（下辖导航组） | | <ol style="list-style-type: none"> 1. 自瞄与能量机关。 2. 雷达站识别算法。 |
| ---- | 导航组 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 队内使用的 ROS 底层代码及框架的维护。 2. 机器人运行策略。 3. 传感器与 ROS 接口的编写。 |

4) 关键技术研发

参照 RM-control 项目，我们正在进行基于 ros-control 框架的开发，我们希望在技术过渡期，完成对工程、哨兵和英雄的无下位机改造。我们进行这一项目有多个考量：

1. 赛事将进一步朝智能化、多传感器化方向发展；
2. 如平衡步兵等机器人的运动控制器将更加复杂，用单片机难以实现更高级的算法；
3. 希望实现算法与底层的彻底剥离，以提高算法的迭代效率；
4. Ros 框架为机器人策略、运动算法的仿真测试提供了很好的开发环境；
5. 基于 gazebo 可进行 Sim2Real 的开发，为智能控制方案提供了便利。

1.2 目标实现具体方法

1) 成绩

对于我们这个等级的队伍，最关键的仍然是稳定性和项目完成度，因此我们将大量地在操作手训练中对机器人进行测试，并逐步地为机器人增加新功能，这是更为稳妥对机器人进行性能升级的过程，并能更好地把握和展示项目的实际进展。

2) 培养体系及组织架构

根据去年的培训资料进行了调整和增补，并根据作业效果持续地对课纲进行修正，打造出适合大二学生的培训体系。依托兵种组建立老带新制度，按照项目进度对其效率进行评判。

为了使队伍更快地向兵种组方向改变，我们按照兵种组进行值班，该举措可使得联调效率有很大程度地提升，并加强了组内的技术融合和队员联系。

3) 关键技术研发

对标广工的 RM-control 和华师的 RM-vision 项目，并通过哨兵和工程的实际完成度进行反馈。

2. 文化建设

2.1 对比赛文化及内容的认知及解读

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。

在 SuperPower 战队中，我们所理解的“RM 文化”是“极致”和“共享”。

“共享”首要体现在开源文化上。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“极致”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”，比赛规则每年都有亮眼的改动，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“极致”最好的诠释。

如今的 RoboMaster，参赛队伍的技术几经迭代，战队也有幸看到各大队伍的技术从粗糙到精细，不断发掘着机器人技术的潜能。同样的，官方在地图与规则上的多次改变，也正有

意引导着参赛队伍的机器人技术朝着更高的层级发展。在开源论坛上，各大战队的优秀技术也层出不穷，每年赛季结束时的开源环节宛如技术人的春节。可以说，现在的 RM 已经越来越具有极客与共享的特质。

2.2 队伍核心文化概述

在 SuperPower 战队中，最核心的精神是极致、荣耀、责任。

“极致”是所有热爱技术的人的共同追求。与其他小型的学科竞赛不同，RM 更加强调将一项技术做到极致，永远追求最优解。在其他人说“差不多就行”的时候，SuperPower 的队员们却会为了一项功能不断测试，不断改进结构，力求做到最稳定、最强大。正是这种不断追求极限的精神推动着队内的技术发展，使队伍得以在技术上站上更高的台阶。

或许有人会问，你们这支队伍花这么多力气去做这个比赛，是为了什么？不就是为了那一张奖状吗？也有人会问，你们队伍的成绩看起来也不怎么样，为什么还要留在这里呢？可事实就摆在面前：即使参加这个比赛很难给个人带来什么功利的好处，还是不断有队员在队内付出自己的心血。对这支队伍的所有队员来说，不论队伍的成绩如何，这都是大家一起奋斗的地方，是热血的青春。在队伍里，我们共同分享成功的喜悦，共同承担失败的责任。

当然，每个人都想站在赛场的聚光灯下，每支队伍都想登上领奖台，捧起金灿灿的奖杯，但是每次都只能有一支队伍获此殊荣。可难道无法捧起奖杯，就不能被称作机甲大师了吗？为了一台步兵，机械组的成员日夜赶工，只为在场上的稳定发挥；电控组反复修改代码，只为战车能够灵活移动。每个人都在为机器人付出自己的心血，那么每一次超越自我，每一次奋战到最后一刻，都是队伍的荣耀，同时也是每位队员的荣耀。

在一些略微了解我们队伍的人看来，SuperPower 似乎一直被各种阴云笼罩着：比赛成绩平平无奇，在校内所获得的支持也并不是很多，甚至有时要自掏腰包做比赛，2022 赛季更是成为少数因疫情没能参加任何一场线下赛的队伍，错失了亲身体验赛场的机会。从这些方面看来，似乎“惨”就是属于 SuperPower 的标签。但即使经历了这种种的“惨”，SuperPower 战队仍然屹立不倒，甚至在近几年逐渐成为校内跨学科最多、技术含量最高的学生科创团体，规模也逐年壮大。在这些困难与成就的背后，是一届又一届队员甘愿放弃自己的课余时间，将精力投入队伍的研发和管理中的结果。也因此，SuperPower 战队极其强调责任，并将其作为战队的精神核心之一。正是因为战队意外的人员与技术断代之后，新队员主动担起责任，将可用的技术传承下来，并且积极投入精力补足技术缺口，战队才不至于一蹶不振，落入解

散的境地；正是因为一届又一届队员的接力研发，我们才有了逐步接近稳定的各项技术，并且有了更多的精力向着更顶尖的技术攀登；正是研发人员主动负责整理技术文档，队伍才不至于重蹈技术断代的覆辙。除技术之外，我们也应当看到，在队伍的发展过程中，存在着大量非技术类的事务需要处理，比如招新、经费收集、报销等等，这些事务短期来看并不会对技术人员的个人发展有什么帮助，但对队伍的发展却是必不可少的。这时，除了对于比赛和队伍的热爱，对这些事务的责任心就显得异常重要。总之，接连的挫折让我们意识到，负责的精神是引领我们走下去的精神支柱，是队内必不可少的核心文化。

2.3 展示团队文化建设的具体方案

为了让队员在队内更有对于队伍的归属感与认同感，并提高队内互相沟通、推进项目的效率和质量，队内将开展一系列文化建设动作。

2.3.1 基础文化建设情况现状及分析

战队已有的文化建设活动如下：

表 2-1 已有文化建设活动

| 活动名称 | 活动内容 | 开展时期 |
|-------|--|---------------|
| 招新宣讲会 | 在线下召开招新宣讲会，向有兴趣的同学展示战队风采 | 招新时期-招新环节 |
| 破冰活动 | 将各组新队员召集起来一起参加轻松有趣的活动，让不同组的新队员互相认识，拉近彼此间的距离。 | 招新时期-校内赛环节结束后 |
| 寒假团建 | 在寒假集训期间组织一次轻松的团建聚餐活动，在紧张的集训氛围中缓解大家的心情。 | 备赛期-寒假集训期间 |
| 外联活动 | 在比赛期与其他战队在场下互相交流，交换礼品 | 参赛期 |

战队已有的基础文化建设包括：

表 2-2 已有基础文化建设

| 建设项目 | 主要功能 |
|---------|---------------------------|
| 微信公众号推送 | 主要记录队内日常和特殊活动，频率大致保持在两周一篇 |

| 建设项目 | 主要功能 |
|-------|-------------------------------------|
| 队服制作 | 每赛季制作队服，并根据队员的技术组进行适当定制，增强队员在队内的归属感 |
| 周边制作 | 如钥匙扣、棒球帽、口罩等等，作为发放给队员的礼物，或是特殊活动的奖励 |
| 实验室装饰 | 在实验室内张贴海报、奖状等装饰品，增加实验室氛围 |

以上活动及基础文化建设，从本赛季招新时期至目前的备赛期来看效果较好，团队氛围比较热烈，队员都愿意在研发中投入时间。但由于宣传人手不足、负责的相关队员时间安排较为紧张等客观原因，所举办的团建活动、发布的微信推送较少，后期将视时间安排适当增加团建活动次数及文化建设动作。

2.3.2 团队文化建设时间轴

以下以时间顺序展示本赛季战队进行的文化建设内容，其中包括已完成的与将要进行的。将要进行的部分所写的时间可能会随比赛的安排有所变动：

表 2-3 团队文化建设时间轴

| 时间（或时期） | 文化建设动作 |
|----------------------------|-------------------------|
| 2022/09/09（招新时期） | 招新宣讲会，招新推送、招新海报等 |
| 2022/11/05（招新时期结束） | 破冰活动，破冰活动推送 |
| 2022/12 | 队服制作 |
| 2022/12/31 | 跨年活动与相关推送 |
| 2023/01/07~2023/01/13（备赛期） | 寒假集训、寒假团建活动与相关推送 |
| 2023/02（备赛期，寒假） | 技术科普推送，新年海报 |
| 2023/03（备赛期-参赛期） | 技术科普推送、联盟赛预热、战队附属社团技术沙龙 |
| 2023/04（参赛期） | 联盟赛赛况推送（每日更新） |
| 2023/05（参赛期） | 战队日记、分区赛预热 |
| 2023/06（参赛期） | 分区赛赛况推送（每日更新） |

| 时间（或时期） | 文化建设动作 |
|--------------|--------------------------|
| 2023/07（备赛期） | 战队日记、国赛预热（如有） |
| 2023/08（参赛期） | 国赛赛况推送（每日更新）、2024 赛季招新预热 |

2.3.3 文化建设执行规划

在队内，文化建设方面的工作主要由宣传组与项目经理共同负责。由于宣传组人数较少，工作方式上可以较为灵活多变。在文化建设相关项目的执行过程中，除通过项目经理定期督促进度保证项目完成以外，重点放在以下几项：

1. 对大型活动的提前规划。在过去的活动实践过程中（包括招新线下摆摊、宣讲会、团建活动等），普遍存在着由于前期规划不足，导致在活动进行过程中意外频出，活动效果打折扣的情况，为此，队内在飞书平台编制了一份通用的活动策划指南，旨在通过充足的前期规划保证活动的质量。

一般活动流程

活动的目的与分类

一般来说，我们不会平白无故举办活动，所有活动都包含某些目的，有些是明着给大家看的（比如招新、学院揭榜活动等等），有些是藏起来不给人看，但是要完成的（这是可以说的吗），但总之大致朝着为队伍服务的方向走。没有明确的目的，不要举办活动，否则会发现自己是在浪费时间和资源。

有了明确的活动目的，填完该填的文件，就可以开始围绕活动做各种安排了。以下会分两类来讲述，如果遇到了更多特殊的活动，会在后面加上。

第一类，是使用队内现有的车参加的活动，一般是到现场展示，或请参观者上手操作。这一类一般要求车有一定的稳定性，毕竟在活动过程中车坏了是件很尴尬的事。因此，在这类活动开始的前几天，请在队内找靠谱的人来检修，对于不稳定的功能可以视情况改进或者直接关掉。

第二类，是甲方要求实现某些活动效果，一般需要甲方提需求，我们提方案。这一类活动需要专门在队内找同学来负责，主要工作是提出和实现方案。注意，这一类活动需要和甲方尽早确定好方案，一定避免甲方频繁改需求的情况发生。如果对方要改方案而距活动不剩几天了，尽可以用“设计、制造和调试都需要时间，这么短的时间我们不能完成”这样的理由进行谈判（也没什么不对的，确实做不完）。留给队内的研发时间一定要保证，虽说队内研发速度会很快，但是在谈判的时候可以适当地把研发时间拉长，给自己更高的容错率。

活动策划书

接下来，该写属于自己的活动策划书了。

这种活动策划书是写给自己看的，不用上交，其核心功能在于“待办清单”，用来列出活动之前要做完的工作、准备完的材料，以及各项工作的时间点。策划书的格式比较自由，怎么方便怎么来。

以招新活动为例，在招新相关活动开始前一般要完成以下工作：

- 招新推送**，线上招新时在当天发布。线下招新时可以沿用，也可以另写一篇。文案可以沿用过去的招新推送，也可以加上你认为必要的内容。
- 与官方要求相关的活动**，如2023赛季招新的官方活动是“百+高校机甲派对”，要求直播与发布b站专栏。
- 招新海报设计打印**。至少在线下招新前一天完成，越早越好。海报打印需要半天时间，打印完即可张贴。

图 2-1 队内编制的活动策划指南

2. 每次大型活动之后及时复盘。在每次大型活动（如团建）结束后，活动的负责人应当及时完成一份复盘报告，详细叙述活动的过程及出现问题的环节，并在今后的类似活动中将其纳入前期策划的考虑范围。

SuperPower战队活动记录

修订日志

| 日期 | 修订内容 | 负责人 |
|------------|------------------|-----|
| 2022.11.07 | 创建文档。记录2023破冰活动。 | 山明扬 |
| | | |
| | | |

前言

这里记录从2022赛季以来（也即作者作为项管工作开始）的所有活动过程、结果和遇到的问题。限于篇幅和精力，活动重点放在其主要内容及出现问题的过程上。

可能不按照时间顺序记录，而会优先记录创作时间附近的各类活动，作为紧急备忘使用。有精力了会将更久远的活动补上。

2022.11.05 | 2023赛季破冰活动

描述

2023赛季的破冰活动是战队成立以来的第一次破冰活动。此时战队2023赛季招新及校内赛已经完成，队内共69人。本次活动实际到场人数47±2人（具体数字忘了），由于前期宣传力度够大，到场人数超出预期。活动过程中现场气氛比较活跃，基本达到了预期效果，但和原先的计划有较大出入，这会在下文说明。

活动策划案见管理组文件夹“各类活动资料”。本次活动文件包括活动策划案与游戏惩罚（从当时队员中征集，未经筛选）。

图 2-2 队内活动记录

3. 在每季度结束时总结上季度工作成果，及时发现欠缺之处。这部分可以合并宣传经理的季度宣传考核进行。

3. 项目分析

3.1 规则解读

3.1.1 比赛机制调整

3.1.1.1 矿石掉落及兑换机制

与上赛季相比可以注意到，场地中央资源岛的矿石掉落时间和位置和兑换机制有所改变。主要体现在第一次掉落时在开场 15s，释放 3 号矿石，在第二次掉落时在开场 1min，释放 1 号和 5 号矿石，在第三次掉落时在开场 3min，释放 2 号和 4 号矿石。兑换时不同难度的兑换等级可获得金币数量不同，同时全场首次成功兑换金矿石会获得额外金币奖励，累积获得金币后也会有兑换难度等级的限制。此项机制的改动意味着首个金矿石的抓取和兑换将直接决定本场比赛的经济走向，兑换矿石时的姿态也会造成一定影响。因此，本赛季的工程机器人需要在抓取矿石的效率和兑换时的稳定性做出更高要求。

3.1.1.2 金币增长规律改动

比赛开始时，双方各有 400 初始金币，之后每隔分钟增加 50 金币，最后一分钟双方可再次获得 150 金币。相比上一赛季，初始金币增加，后续每分钟获得的金币减少，金币的总获得量减少，更加依赖于矿石兑换。

3.1.1.3 控制区改动

在占领控制区且对方未占领控制区超 6s 后，对方前哨站的旋转装甲转速减半，会更容易击中前哨站，占据控制区的重要性不言而喻，因此本赛季对控制区的争夺会更加激烈，同时需要更好的战术规划。

3.1.1.4 虚拟补弹和买活机制

新的虚拟补弹机制大大强化了英雄的狙击续航能力，在补血点兑换 42mm 弹丸 15 金币一发，在远程兑换 42mm 弹丸 30 金币一发，所以在经济充足的情况下尤其是抢到第一个金矿的条件下直接用英雄狙掉敌方前哨站。

买活机制可以购买血量也可以直接复活，但是分别限制用两次。而且血量的价格随着比

赛时间的增加而增加。比如在开局一分钟时购买一次血量需要 120 金币，之后每过一分钟增加 20 金币。购买一次血量可以使一台英雄或步兵在 6 秒内回复上限血量的 60%。直接复活需要的金币则会随比赛时间以及英雄或步兵的等级增加而增加。比如比赛开局一分钟时，复活一级的英雄或步兵需要 150 金币，每过一分钟所需金币+100，每升一级所需金币+50。但是买活后下一次复活读条时间+20。所以要在合适的时间补血以及复活，比如争抢能量机关或者狙击对方残血基地的时候。

3.1.1.5 能量机关增益及作战策略的调整

小能量机关的增益由增加 1.5 倍攻击力转换为 25%的防御增益，持续 45 秒。但是在防御增益失效后，一方在增益持续时间内对对方机器人造成的累计伤害将转化为经验值，平均分配给存活的全队机器人，转化比例为伤害:经验=10:1，最高转化上限为 100。

针对小能量机关增益机制的调整，激活小能量机关增益后，攻击增益转为防御增益，对机器人造成伤害会转换为经验值，所以全队攻击策略应该从击打对方前哨站等转为对对方机器人尤其是工程机器人的击打，获得更高的经验奖励。工程机器人的血量上限是 500，如果能顺势获得一血，击杀的步兵可以获得 $50+50+50/4=112.5$ 点经验值，加上比赛时长积累的经验值可以直接升到三级。助攻的一辆步兵可以直接获得 $50/4+50/4=25$ 点经验值，加上比赛时长积累的经验值也可以升到 2 级。

大能量机关的激活机制保持原来的正弦运动不变，但是激活效果有了更为精细的划分，每个大能量机关的装甲模块被划分为 1-10 环。内环的半径为 3mm，第十环的外半径为 300mm，这对于预测算法和云台自瞄提出了更高的要求。而每局比赛能量机关的旋转方向是固定而随机的，这对于预测算法也是一个重要参考。所以在能量机关开始旋转时，需要先确定其旋转方向，再对于装甲板中心即圆环心进行预测。

3.1.2 机器人调整

3.1.2.1 工程机器人

由于本赛季取消了刷卡复活机制，并且加入了原地复活机制，工程救援己方车辆的压力将有所减小，底盘布置也由于刷卡机构的取消可以变得更加灵活。

3.1.2.2 哨兵机器人

基于 23 赛季哨兵大改，往届参数、资料已无参考价值，本赛季哨兵更类似于往年的自动步兵。以下用思维导图列出与哨兵相关的部分规则：

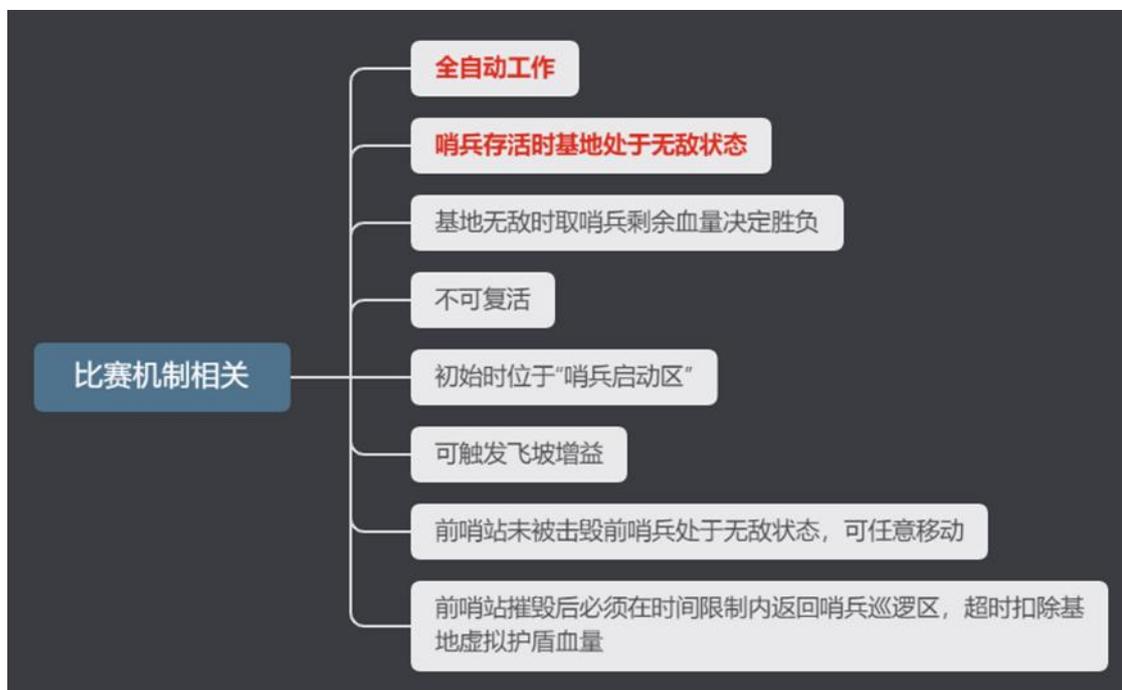


图 3-1 哨兵机器人相关改动

尽管哨兵变更为地面机器人，相比其他地面机器人，哨兵的显著特点除了全自动运行外在前哨站被摧毁前一直保持无敌状态，理论上讲哨兵机器人的战术地位尤其高。以下为本赛季哨兵同其他地面机器人间的参数比较，根据参数要求可以确定哨兵应采用的方案。

表 3-1 哨兵机器人主要参数

| 项目 | 23 赛季 | 备注 |
|--------|-------------|------------------------------------|
| 发射机构 | 两个 17mm | |
| 最大重量 | 25kg | 步兵机器人限重同样为 25kg |
| 最大初始尺寸 | 700x700x700 | 工程是 600×600×600，步兵是 600×600×500 |
| 最大伸展尺寸 | 800x800x800 | |
| 装甲 | 4 块小装甲，无图传 | |
| 血量 | 1000 | 工程 500 血，一级步兵 100 血，血量优先三级步兵 300 血 |
| 底盘功率 | 150W | 一级功率优先步兵 60W，三级 100W；三级功率优先英雄 |

| | | |
|-------------|------------------------------|---|
| | | 120W |
| 射速、枪口热量与冷却值 | 30、240、80 | 射速高于其他步兵（15m/s） 热量高于一级爆发优先步兵，冷却高于一级弹速优先步兵（75）。 |
| 弹丸数 | 750 | 不可补弹 |
| 其他 | 不能复活 可装超级电容 航向电机计入底盘功率 | |

可以看到，哨兵无论是在尺寸、重量、射速、热量、冷却等各项数值上均远超寻常步兵，底盘功率甚至超过三级功率优先的英雄机器人，意味着哨兵机器人可以采用激进的新型底盘设计，在机动性上能大幅甩开其他地面机器人，鼓励进攻。但全自动兵种实现难度较大，可细分为阶段性目标逐一实现。作为全自动兵种，哨兵需要拥有感知周围环境并交互的能力，其上位机（miniPC）除了自瞄外还需要承担路径规划、建图、索敌追击、避障、自动反击等功能。

3.1.3 场地调整

3.1.3.1 起伏路段

今年场地荒地区起伏路段面积缩减为 21 赛季水平，起伏路段核心仍然在战场中心区域，对于双方交战仍有影响，但在其他路段机器人可以恢复较为稳定的运行。

3.1.3.2 哨兵巡逻区

由于本赛季哨兵机器人完全重做，进化为地面全自动机器人，因而取消了过去几个赛季的哨兵轨道，改为划定了三块哨兵巡逻区作为哨兵防守点。与前几赛季相比，哨兵活动范围有所扩大，并且延伸到两侧的 R3、R4 高地，哨兵机器人的巡逻范围、防守与反击战术将更加灵活。

3.1.3.3 资源岛

本赛季中，场中央的大资源岛 1、3、5 号矿石槽底面不再平整，意味着矿石下落后一定会产生随机的姿态。这对于工程机器人的取矿功能提出了更高的要求，需要具备自由度更高，或者可以灵活调整矿石姿态的机构。同时，环形高地上的小资源岛矿石数量更多，达到了 5

块银矿石。与之相配合的规则改变，则是在同一等级下，金、银矿石所能兑换的金币数量仅相差 25，而不同兑矿等级间所获得的金币数量则相差悬殊。由此可以看出，本赛季在场上获取的是金矿石还是银矿石已经变得不那么重要，规则转而更加强调取矿与兑矿的技术比拼。

此外可以注意到一个细节，即小资源岛的位置作了些许改动。从战场纵深来看，小资源岛的位置从原来正对哨兵轨道改到了更“深”的地方。但目前的位置也更接近敌方飞坡所能到达的位置。工程若在环形高地上长时间采矿，可能要承受敌方干扰的风险，但从上赛季实际情况看，干扰工程取矿并非有价值的战术选项。

在中心大资源岛的矿石下落顺序上，本赛季也做出了较大改变，最明显的一点是第一次仅下落一块 3 号矿石，配合规则中特有的在比赛中第一次成功兑换金矿的队伍额外奖励 250 金币，使得工程机器人性能更强的一方更倾向于在比赛中获得先手优势。预计比赛中，在有能力取矿、兑矿的队伍之间，对于这第一块金矿的争夺将较为激烈。当然，由于各队对于取矿难度等级的选择不同，以上关于“第一块金矿”的战术猜测并不是绝对的，而是可能产生更多的变化。

3.1.3.4 控制区

本赛季在场地的核心新增“控制区”，从面积与分布位置上看是起伏路段的核心区域，有两方各自的控制区之分。与之相配合的规则改变是当己方前哨站存活，且对方未占领控制区，己方步兵/英雄占领控制区 6s 后，对方前哨站装甲板转速减半。很明显，在本赛季中，开局前往场中抢先占领控制区将给前期攻下对方前哨站带来明显的优势。在比赛中，可以预见到各队伍开局时对于控制区的争夺将较为激烈。

3.2 研发项目规划

3.2.1 步兵机器人

3.2.1.1 普通步兵

1. 功能与需求

2023 赛季中普通步兵的规则相较于 2022 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 ± 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

23 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

23 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

22 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

通过系统辨识调节 PID，即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。

目前采用的是系统辨识（黑箱）与时域分析相结合的方法进行调参。

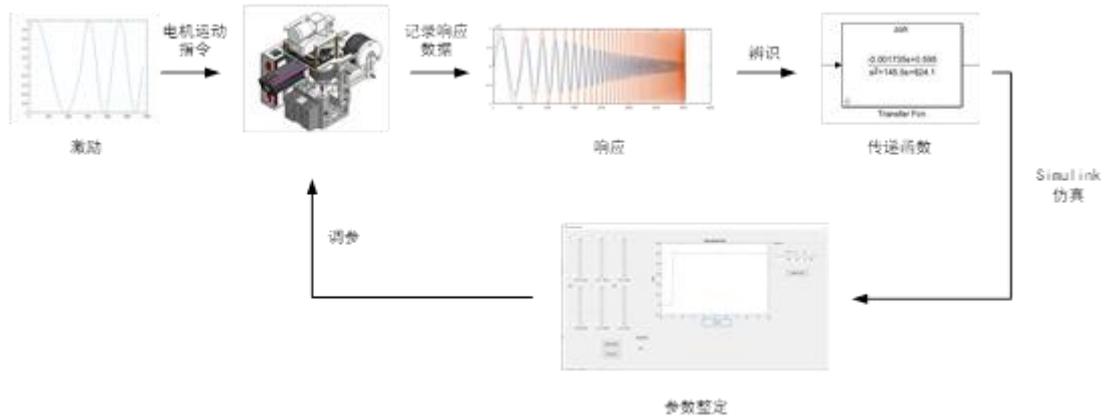


图 3-2 系统辨识路线

云台辨识及 PID 调参的路线如上图所示。首先生成一个激励信号，即控制电机的输出按扫频函数变化，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。具体方法见嵌入式“PID 优化方法”。

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。23 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 3-2 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 3-3 后续任务与人员安排

| 后续任务 | 人员 | 进度安排 |
|--------|-----|--------|
| 云台完整建模 | 张嘉龙 | 至 12.1 |

| 后续任务 | 人员 | 进度安排 |
|----------|---------|---------|
| 云台实物装配 | 余睿志 | 至 12.14 |
| 云台调试 | 余睿志 | 至 12.21 |
| 弹道测试 | 余睿志、梅宇杰 | 至 12.26 |
| 旧步兵维护与迭代 | 梅宇杰 | 至 01.05 |
| 中供云台迭代 | 余睿志 | 至 01.05 |
| 半主动悬挂开发 | 余睿志、梅宇杰 | 至 02.20 |
| 自瞄调试 | 张天翼、王晓扬 | ----- |

3.2.1.2 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、对于路面具有自适应，能平稳通过起伏路段、能上 17° 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 所示)。

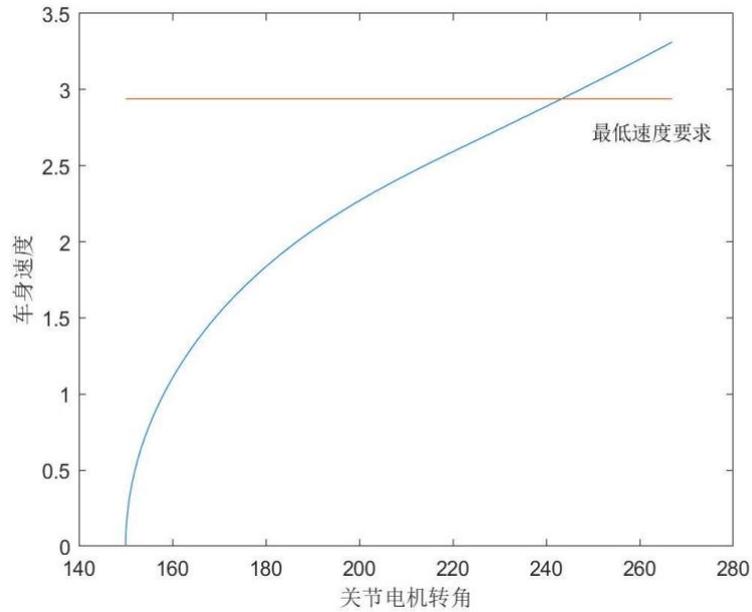


图 3-3 车身速度-关节转角关系

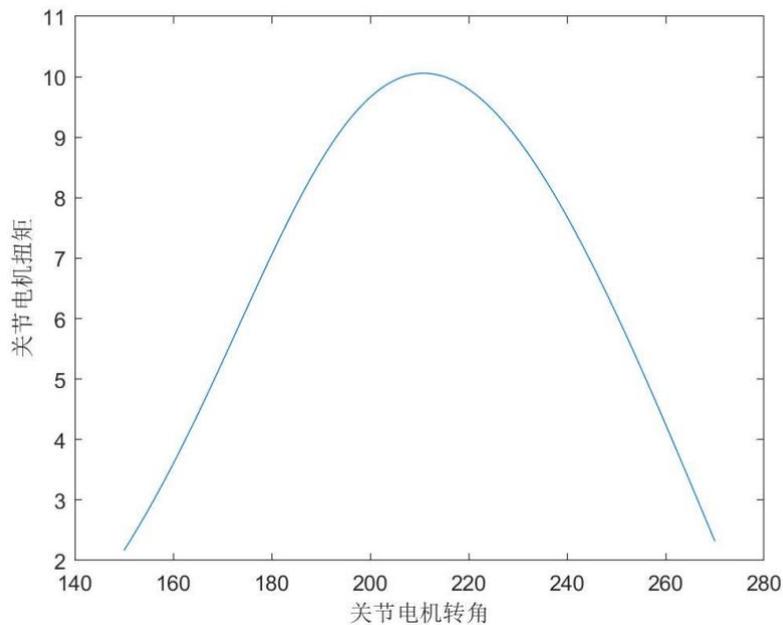


图 3-4 关节电机扭矩-关节转角关系

目前已完成底盘制造和两刚体控制器设计，在实机上获得了一定的效果。基于测试，提出以下改进点：

1) 原底盘采用 3508 作为轮毂电机，由于其具有减速箱，因此经过长时间测试后出现了较大的虚位。因此换用 MF9025-16T-V2 直驱无刷电机，并重新设计了轮组。

- 2) 原轮腿部分采用 12mm 厚度的玻纤板，重量极大且强度冗余严重，因此经拓扑优化后采用 10mm 碳纤进行替代。
- 3) 对于轮子材质经常打滑的问题，换用聚氨酯材料替代原有橡胶材质。
- 4) 离地检测是比较重要的功能，目前平衡步兵下台阶仍有可能失稳。
- 5) 原有控制器以两自由度简化模型为前提进行设计，无法发挥轮腿构型的优势，在参考哈工程的开源方案和五连杆动力学解算论文后重新设计了基于三刚体模型的 LQR 控制器，此控制器在 MATLAB 中获得了很好的效果。
- 6) 对于飞坡后失稳的问题，应该将飞坡过程视作触地-离地-触地的连续过程，并引入控制器切换，不能再过度依赖 LQR 算法的鲁棒性强行稳定。

研发进度安排如下：

表 3-4 平衡步兵研发进度安排

| 时间节点 | 进度规划 | 人员安排 |
|-------|----------------------|---------|
| 12.25 | 完成云台装配 | 刘家萁 |
| 12.25 | 完成底盘零件的更换 | 刘家萁、鹿讯 |
| 01.07 | 完成三刚体 LQR 控制器嵌入式平台移植 | 潘元皓 |
| 01.12 | 完成底盘基本运动 LQR 参数调整 | 鹿讯 |
| 01.15 | 裁判系统移植 | 张天翼 |
| 02.01 | 完成离地检测算法测试 | 刘家萁、潘元皓 |
| 02.12 | 飞坡仿真搭建 | 潘元皓 |
| 03.14 | 飞坡算法迭代及优化 | 刘家萁、鹿讯 |
| 02.23 | 机器人复活后恢复控制器编写 | 刘家萁 |

3.2.2 哨兵机器人

3.2.2.1 前言

本赛季哨兵机器人迎来重大调整，哨兵机器人取消轨道限制，调整哨兵机器人定义及相关机制，成为全自动地面机器人。尺寸、功率、重量限制全部改变，这无疑为这一兵种的研发带来艰巨挑战。

3.2.2.2 规则分析

基于 23 赛季哨兵大改，往届参数、资料已无参考价值，本赛季哨兵更类似于往年的自动步兵。以下用思维导图列出与哨兵相关的部分规则：

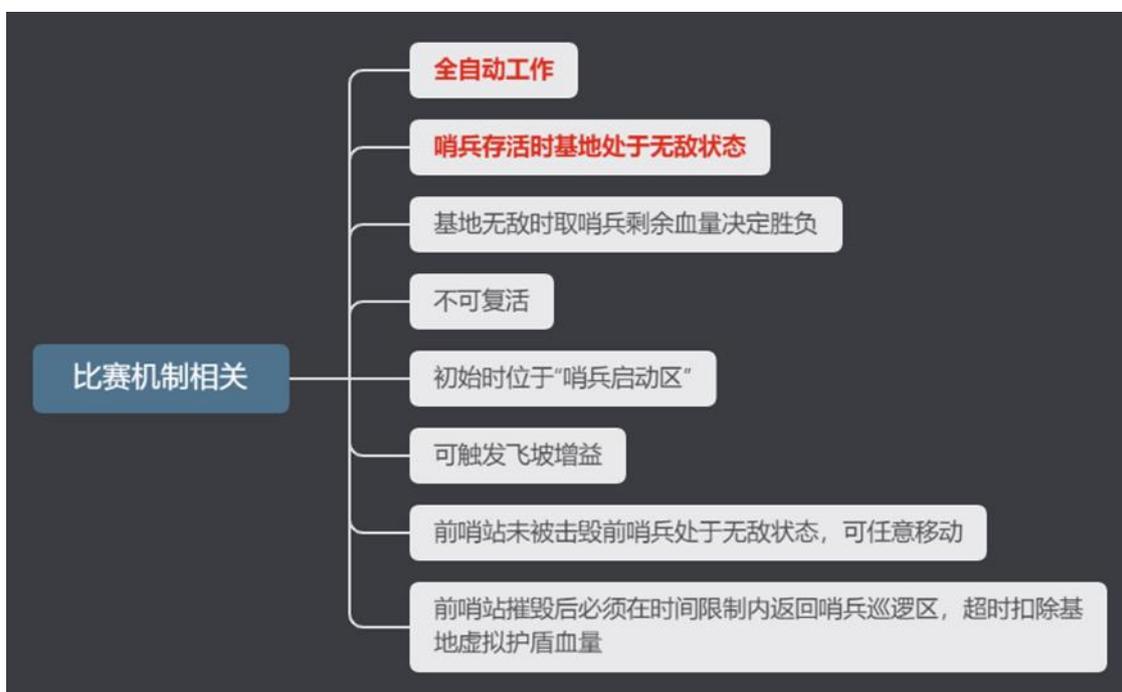


图 3-5 哨兵机器人相关改动

尽管哨兵变更为地面机器人，相比其他地面机器人，哨兵的显著特点除了全自动运行外在前哨站被摧毁前一直保持无敌状态，理论上讲哨兵机器人的战术地位尤其高。以下为本赛季哨兵同其他地面机器人间的参数比较，根据参数要求可以确定哨兵应采用的方案。

表 3-5 哨兵机器人主要参数

| 项目 | 23 赛季 | 备注 |
|------|---------|-----------------|
| 发射机构 | 两个 17mm | |
| 最大重量 | 25kg | 步兵机器人限重同样为 25kg |

| 项目 | 23 赛季 | 备注 |
|-------------|------------------------------|---|
| 最大初始尺寸 | 700x700x700 | 工程是 600，步兵是 600x600x500 |
| 最大伸展尺寸 | 800x800x800 | |
| 装甲 | 4 块小装甲，无图传 | |
| 血量 | 1000 | 工程 500 血，一级步兵 100 血，血量优先三级步兵 300 血 |
| 底盘功率 | 150W | 一级功率优先步兵 60W，三级 100W；三级功率优先英雄 120W |
| 射速、枪口热量与冷却值 | 30、240、80 | 射速高于其他步兵（15m/s） 热量高于一级爆发优先步兵，冷却高于一级弹速优先步兵（75）。 |
| 弹丸数 | 750 | 不可补弹 |
| 其他 | 不能复活 可装超级电容 航向电机计入底盘功率 | |

可以看到，哨兵无论是在尺寸、重量、射速、热量、冷却等各项数值上均远超寻常步兵，底盘功率甚至超过三级功率优先的英雄机器人，意味着哨兵机器人可以采用激进的新型底盘设计，在机动性上能大幅甩开其他地面机器人，鼓励进攻。但全自动兵种实现难度较大，可细分为阶段性目标逐一实现。作为全自动兵种，哨兵需要拥有感知周围环境并交互的能力，其上位机（小电脑）除了自瞄外还需要承担路径规划、建图、索敌追击、避障、自动反击等功能。

3.2.2.3 需求分析与方案思路

根据本赛季规则要求得到需求如下：

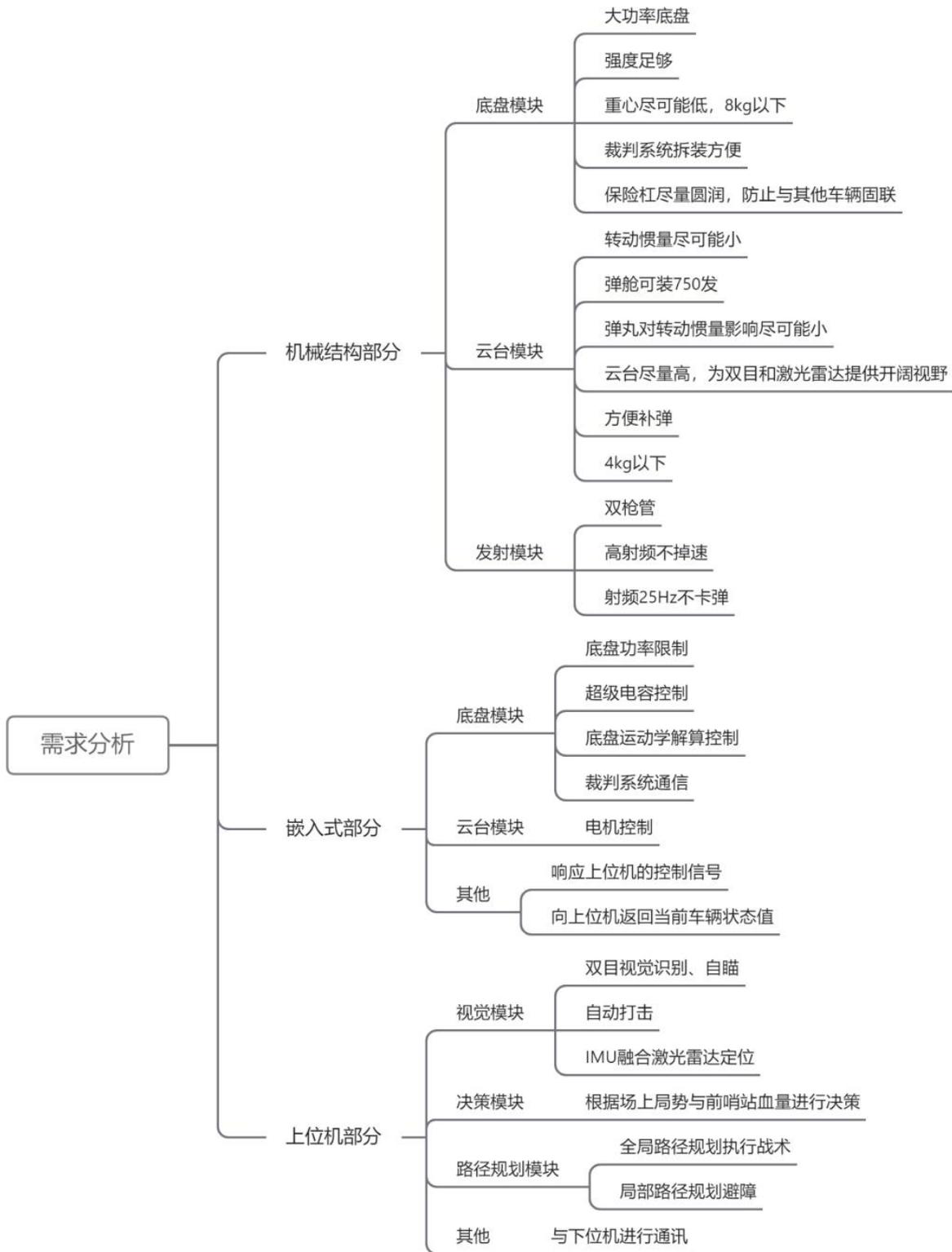


图 3-6 哨兵机器人需求分析

以下根据需求对方案展开进一步讨论。

表 3-6 哨兵机器人设计思路

| 模块 | 需求分析 | 设计思路 |
|-------|----------------------------|--|
| 底盘 | 大功率；低重心； | 舵轮底盘；参考英雄机器人的设计思路，用大尺寸铝方管搭框架；底盘划分为上下左右四个对称区放置超级电容、裁判系统、电池以及云台 YAW 轴部分；部件模块化设计方便拆装 |
| 云台 | 转动惯量尽可能小；视野尽可能高 | Pitch 轴采用平行四边形连杆，将电机置于内部，将质量较大的元件（如工控机）尽可能靠 Yaw 轴轴心放置，以减小 Yaw 轴的转动惯量；；摄像头与激光雷达放在顶部 |
| 弹舱 | 存弹 750 发；弹丸对云台转动惯量尽可能小 | 采用中供/下供/两者结合的方式供弹，且储弹仓尽可能靠 Yaw 轴轴心放置；拨弹轮的单层载弹量尽可能大，从而在同拨弹轮电机转速下有着更高的供弹频率；减少弹链转角、优化定位方案； |
| 发射 | 双枪管； | 双拨弹轮（考虑过单拨弹轮分流弹链的方案，但时间比较紧，有待后续测试）；双发射机构+双拨弹轮/+单拨弹轮+分流机构； 或单发射机构+转动枪管 |
| 外壳 | 裁判系统拆装方便；防固连 | 参考华南理工大学开源舵轮步兵保险杠方案，采用碳板夹打印件的方式设计保险杠； |
| 轮组 | 云台尽量稳定，减少相机和激光雷达的晃动；拆装方便； | 采用瓦特连杆布置避震，增大避震器行程同时尽量保证轮组垂直运动；轮子采用机加工轮毂加包胶的方式加工，轻便可靠同时结构紧凑，方便安装；M3508 电机内置轮毂内部，减小轴系轴向尺寸 |
| 嵌入式部分 | 电机控制；裁判系统通信；上位机通讯 | 参考 RMUA 的思路，C 板负责所有电机控制，通过 API 与上位机通讯，接收上位机发出指令（如速度值等），返回里程计、当前血量等供上位机决策 |
| 上位机部分 | 视觉识别；避障；路径规划；决策；下位机通讯；多机通讯 | 参考 RMUA 的思路，接受下位机信息，决策指挥下位机运动 |

由于自动哨兵算法方面难度较大，将算法目标划分为以下阶段性目标：

1. 堡垒模式：前哨站被摧毁后开始原地自旋，带自瞄反击功能。
2. 巡逻模式：在前一项基础上增加在巡逻区来回变速巡逻的功能。

3. 前线巡逻模式：在前一项基础上增加开局驻扎前线并自瞄反击功能，前哨站即将被摧毁前能及时赶回巡逻区。
4. 报点进攻模式：在前一项基础上增加其他兵种操作手发布位置指令功能，实时指挥哨兵自动寻路前往。

3.2.2.4 工作内容与时间节点

工作内容：

表 3-7 哨兵工作内容

| 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 |
|----------|------------------|------|---------------------------|---------------|------|
| 舵轮轮组 | 3508 电机、M6020 电机 | 2 | SW 建模，实物装配 | 2 | 2000 |
| 底盘框架 | - | 1 | SW 建模，实物装配 | 4 | 1500 |
| 云台 YAW 轴 | 关节电机 | 1 | SW 建模，实物装配 | 2 | 1000 |
| 云台 | - | 1 | SW 建模，实物装配 | 3 | 1000 |
| 发射机构 | 3508 电机×2 | 1 | SW 建模，实物装配 | 3 | 1500 |
| 嵌入式代码移植 | - | 1 | 熟悉电控编程和控制算法 | 2 | - |
| SLAM 建图 | LIOVX 激光雷达 | 2 | SLAM 原理与算法、ROS 编程、卡尔曼滤波算法 | 3 | 7000 |
| 自瞄 | 小电脑、双目摄像头 | 3 | ROS 编程、视觉算法 | 4 | 7000 |
| 上下位机通讯 | - | 1 | ROS 编程、嵌入式编程 | 1 | - |
| 路径规划 | - | 1 | ROS 编程、路径规划算法 | 3 | - |

时间节点：

表 3-8 哨兵工作时间节点

| 后续任务 | 人员 | 进度安排 |
|------------|---------|------------------------|
| 上下位机通讯接口开发 | 陈鹤鸣、潘元皓 | 2022.12.7 至 2023.01.20 |
| SLAM 开发 | 李维、陈子航 | 2022.12.7 至 2023.02.20 |
| 嵌入式移植 | 杨久春 | 2022.12.7 至 2023.01.20 |
| 云台设计 | 张嘉龙、王博闻 | 2022.11.7 至 2022.12.22 |

| 后续任务 | 人员 | 进度安排 |
|-----------|---------|-------------------------|
| 云台加工、装配 | 张嘉龙、王博闻 | 2022.12.23 至 2023.01.07 |
| 舵轮轮组设计 | 梁宇翮 | 2022.10.14 至 2022.11.01 |
| 底盘框架设计 | 梁宇翮 | 2022.11.02 至 2022.11.07 |
| 路径规划及算法部署 | 梁宇翮 | 2022.12.7 至 2023.01.20 |
| 底盘轮组迭代 | 李嘉熙、张嘉满 | 2022.12.7 至 2023.01.20 |
| 底盘细节设计 | 李泽昊、徐冉 | 2022.11.27 至 2023.01.20 |
| 底盘实机测试 | 全组 | 2023.01.07 至 2023.03.01 |

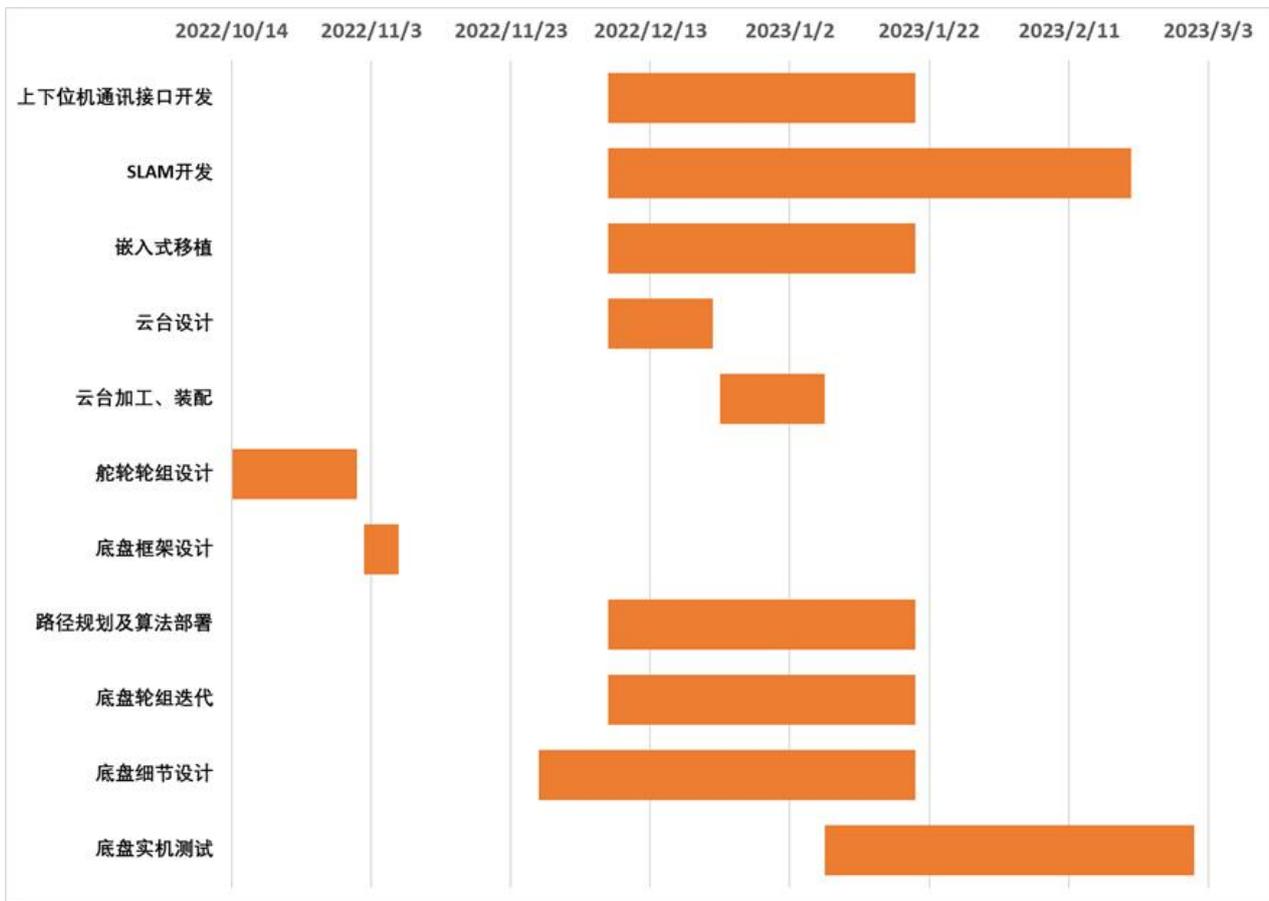


图 3-7 哨兵工作甘特图

3.2.3 英雄机器人

3.2.3.1 功能与需求

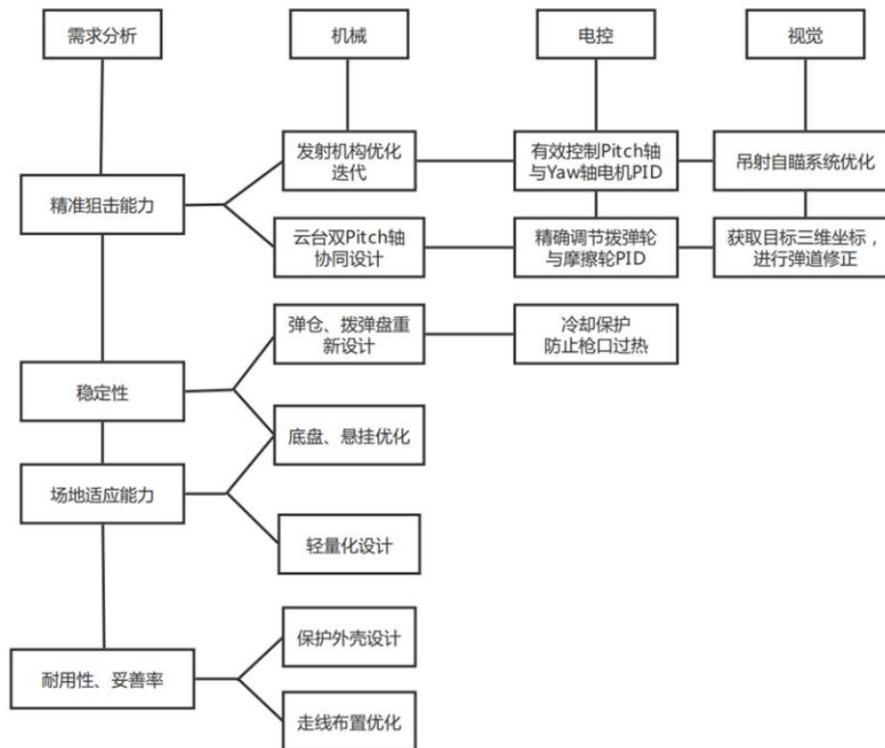


图 3-8 英雄机器人需求分析

本赛季英雄机器人功能需求分析及各技术组工作方向如图：

本赛季英雄战术定位基本与 22 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，是推动比赛进程取得胜利决定性力量。现有的增益机制将英雄在狙击点的发射与经济体系直接挂钩，增加了吊射战术的重要性。同时，复杂的场地也对机器人带来了一定考验。根据新赛季规则的变化及现有英雄存在问题，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。虽然本赛季起伏路段的面积大幅缩减，但在场地中央的核心战斗区，车体运动过程中各结构仍会受到频繁的振动与冲击，依然对机器人稳定性提出了很高的要求。

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。由于车体质量较大和规则功率限制，英雄难以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选择进攻路线并躲避对方步兵的攻击。

3) 精准狙击能力

由于新规则增益机制的修改，在狙击点发射弹丸能直接带来经验奖励，且前哨战停转后击打没有任何奖励。这种三分钟限时奖励机制的出现，更强调了英雄吊射前哨站旋转装甲的能力。上赛季中，大连交通大学的英雄大放异彩，绕过哨兵防守直接精准吊射基地取得比赛胜利，更是让我们看到了英雄吊射在决胜关键时刻的无限可能。因此尽可能提高英雄远程精准狙击能力、实现对远程目标的吊射依旧是新赛季工作的一个重点。

4) 保证整车耐用性、妥善率

实际比赛对抗性强，激烈程度极高，且时常发生碰撞、卡位、翻车等意外状况，这对机器人整体的稳定性、可靠性是一个极大的考验。纵观 22 年分区赛，不少战队的机器人在激烈对抗中发生机械结构或电路的严重损坏，难以在三分钟技术暂停时间完成检修，导致原有功能无法实现，这在赛场高度紧张的情况下是非常致命的。因此必须提高整车的耐用性、进行多场比赛后的妥善率，保证机器人经过激烈对抗的考验后依然能够实现原有功能。

3.2.3.2 改进方向

1) 云台设计迭代

虽然上个赛季设计制造出了新型大弹丸发射机构，但上半年由于疫情的影响未能进行充分调试，目前还存在缺乏测试难以保证可靠性、吊射精度不够高等问题。因此本赛季将多注重发射机构的测试与迭代,尤其是基地和前哨站吊射的测试。为了降低测试迭代成本，目前枪管采用光固化 3D 打印件制作，虽然效果尚可，但经过长时间会出现发黄、变形等严重问题。因此经多次测试迭代确定最终版本后枪管将更换为金属件以保证精度和耐用性。

为实现更好的控制性能，在 Pitch 轴框架上增加可调摩擦阻尼块，通过调节安装螺栓的压紧程度使阻尼块发生不同程度的形变，从而能够调节不同大小的阻尼，便于后续电控调试与整定参数，实现更精准的俯仰角度调节。

在摩擦轮设计中，考虑到 3508 电机+摩擦轮的转动惯量较小，在摩擦轮上额外安装了惯量片来增加摩擦轮电机转动时具有的能量，在初步实验中可以实现稳定维持在 18m/s。在具有射速盈余的情况下调整摩擦轮转速到合适区间，后续将进行实验测试新摩擦轮射表来进行适配。

2) 云台双 Pitch 轴协同设计

2023 赛季的同济大学英雄云台采用了主 Pitch+共轴副 Pitch，双 Pitch 轴设计来解决英雄吊射时仰角过高导致视野中失去目标的问题，将图传模块和深度相机安装到副 PITCH 上来实现观测功能。在正常战斗中副轴与主轴随动；在 10m 距离以上的吊射中，副轴解除锁定，由操作手进行视角框选中远处吊射目标，主轴俯仰角交由 NUC 解算来实现远程吊射，并允许操作手手动介入进行微调。

3) 弹仓、拨弹盘重新设计

现有英雄弹仓结构不够合理，较容易发生卡弹问题，因此本赛季将继续改进。将对拨盘结构进行改进，通过修改拨盘轴系结构、拨叉形状以确保发射功能的正常实现。

4) 快拆全包保护外壳设计

22 赛季英雄的整体结构已相对成熟，但是仍有一些线路暴露在外，如轮组电机走线，难以有效防止 17mm 弹丸射入对电线的破坏，导致整车功能受到严重影响。故新赛季将为英雄车制作全包外壳，将内部线路全部包裹保护，并提升整车美观程度；同时保证外壳便于拆卸，方便及时排查走线问题。

5) 整车轻量化

与步兵机器人相比，现有比赛机制对英雄机器人的机动性要求并不苛刻。但若注重这方面性能的提升，使机器人能更灵活地游走在复杂地形之间、躲避敌方步兵机器人的攻击，甚至实现飞坡从而获得相应的增益与战术优势，无疑将为战局带来极大优势。为实现这一目标，必须使机器人尽可能轻。在保证整车功能实现、强度足够的基础上，将通过镂空减重、去除冗余结构、将玻纤板更换为碳板等轻量化措施减小整车质量。

6) 电控走线布置优化

22 赛季英雄底盘的走线布局不够合理，导致在发生故障时需耗费大量的时间排查线路问题。且由于走线混乱，使得英雄车在台阶、起伏路段极易发生与地面障碍纠缠导致断裂等严重问题。新赛季英雄将对走线重新进行布置，将每条线路固定在合适的位置，使得底盘布线清晰、方便检修。

7) 拨弹轮控制优化

为避免枪口超热量情况发生，必须保证英雄一次射击能够一次只发射一发子弹。虽然有机械限位措施，但电控也需保证拨弹轮每次只旋转 $1/6$ 圈，将误差控制在极小范围内，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每次旋转 $1/6$ 圈，即转子旋转 $19/6$ 圈。由于 C 板读取的是转子的码盘值，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，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。

8) 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，除了传统的手动调参，还将借助系统辨识方法对英雄云台 PID 进行进一步优化。

表 3-9 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 |
| 弹仓、拨盘设计 | 3508 电机 | 2 | SW 建模，实物装配 | 2 | 300 |
| 全包车壳 | - | 1 | SW 建模，电控布线 | 2 | 200 |
| Yaw 轴及弹链 | 6020 电机 | 2 | SW 建模，实物装配 | 2 | 500 |

| | | | | | |
|--------|---------|---|-----------------------|---|------|
| 轻量化设计 | 碳纤维板材 | 1 | SW 建模, 实物装配 | 1 | 1000 |
| 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 |

3.2.3.3 时间节点

表 3-10 英雄机器人工作时间表

| 后续任务 | 人员 | 进度安排 |
|-----------------|-------------|--------------|
| 发射机构迭代 | 姜洁尧 | 至 2022.11.8 |
| 云台、发射机构实物装配 | 李柯轩、祝伊钺、叶昕迪 | 至 2022.11.20 |
| 重力补偿机构建模 | 邱晨依 | 至 2022.11.14 |
| 全包外壳设计 | 韩子琪 | 至 2022.10.31 |
| 电控走线重新布置 | 韩子琪、刘玉枫 | 至 2022.11.5 |
| 拨盘重新设计 | 祝伊钺 | 至 2023.1.13 |
| 拨弹轮电机控制代码编写及调试 | 刘玉枫 | 至 2022.12.31 |
| 云台 PID 系统辨识方法调试 | 刘玉枫 | 至 2022.12.31 |
| 底盘及云台布线更新及调试 | 刘玉枫、柴蔚田 | 至 2023.1.15 |
| 超级电容调试 | 刘玉枫、柴蔚田 | 至 2023.3.1 |
| 功率控制代码优化 | 刘玉枫、柴蔚田 | 至 2023.3.1 |

3.2.4 工程机器人

3.2.4.1 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，且本赛季兑换矿石有难度等级，低等级兑换所带来的经济较上一赛季大幅降低，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。本赛季工程机器人的最大伸展尺寸仍为 1200*1200*1000，考虑到伸展高度限制一定程度上限制了机械臂的设计，整车设计与布置仍需要仔细调整。

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。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，且本赛季赛用的机械臂不会放置在工程机器人中心，会出现质量不均的情况，设计不当时甚至可能造成车体倾覆，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，这要求工程必须完成取矿和兑矿两个任务。本赛季降低了取矿时双方工程机器人之间的对抗要求，除了第一块金矿石以外，双方工程机器人一般不需要抢夺同一块矿石。因此我们应该更加注重取矿的稳定性和速度，把时间留给难度更大的兑矿。

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，兑换槽的位置由系统随机决定，且当选择二级以上兑换难度时，兑换槽的姿态也会发生改变。因此传统的使用框架式升降结构结合夹爪将矿石顶入兑换站的做法无法适应新规则的兑换要求，必须寻求新的解决方案。

5) 救援

场上战亡的机器人虽然可以自动复活，但需要回到补血点才能启动发射机构。工程机器人仍然需要具有将战亡的机器人拖回补血点的救援能力。

3.2.4.2 改进方向

1) 机械臂与吸盘执行机构

本赛季兑换难度极大增加，尤其是选择二级以上兑换难度时，兑换槽的姿态会发生改变，采用传统框架式结构难以成功兑换。经过分析，我们把解决方案定为六轴机械臂。六轴机械末端的执行机构在可达方位内可达到任意姿态，满足兑换要求。六轴机械臂的设计参考了 KUKA 工业机器人。本赛季兑换槽的宽度仅有 240mm，夹有矿石的夹爪难以伸入兑换槽完成兑换，因此我们吸盘作为机械臂的执行机构。吸盘吸在矿石前侧兑换时，不会挤占兑换槽空间，增大了兑矿的位姿容许偏差，降低定位难度。

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下，通过改变轮毂形式并将 M3508 电机内置于麦轮内部空间中将极大缩短轴系长度，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，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) 控制系统

本赛季的兑矿难度极大增加，对兑矿机构的控制提出更高要求。为了专注于实现更复杂的算法，同时采用统一控制方法控制不同执行机构，把控制任务交给更高层的系统来完成，本赛季我们取消了采用单片机控制工程机器人的做法，改用 miniPC 中运行 ROS 系统控制机器人。我们参考广东工业大学的做法，搭建了工程机器人仿真与控制框架。其中的控制部分采用 ROS 提供的 `ros_controller` 包，大致分为控制层和抽象硬件层。其中控制层提供了控制工程底盘、云台、机械臂的控制方法，而抽象硬件层提供了统一接口处理控制命令，并采用 CAN 通信协议与下层执行器相连，发送控制命令并接收执行器信息，再反馈给控制层。

5) 自动化

本赛季的兑矿难度极大增加，采用手动控制方法难以准确快速兑矿。故本赛季我们设计光电限位、一键取兑矿、自动取兑矿等软硬件功能，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。

3.2.4.3 工作内容

表 3-11 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、 | 2 | SW 建模，实物装配， | 3 | 1500 |

| 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 |
|----------|------------------------------------|------|--------|---------------|------|
| | 气缸 | | 熟悉硬件知识 | | |
| 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 |

3.2.4.4 时间节点

表 3-12 工程机器人研发时间节点

| 后续任务 | 人员 | 进度安排 |
|--------------------------|-------------|-------------------------|
| ROS HardwareInterface 开发 | 潘元皓 | 2022.11.10 至 2022.11.26 |
| ROS-controller 开发 | 潘元皓、罗子铖 | 2022.11.13 至 2023.02.20 |
| socketCAN 相关移植 | 潘元皓 | 2022.11.10 至 2022.11.15 |
| 机械臂结构实物装配 | 吴欣雨、卜发扬、山明扬 | 2022.12.01 至 2022.12.24 |
| Moveit 仿真测试及策略编制 | 潘元皓 | 2022.12.01 至 2023.02.20 |
| 底盘控制及定位算法部署 | 罗子铖 | 2022.12.01 至 2023.01.02 |
| 机械臂实机调试 | 全组 | 2023.01.20 至 2023.03.01 |
| 矿石位姿检测及手眼标定 | 李元诚 | 2022.12.04 至 2023.01.13 |
| 工程键鼠键位 | 陈昊鹏、吴天骋 | 2023.01.01 至 2023.01.13 |
| 综合性能测试及调试 | 全组 | 至 2023.03.01 |
| 底盘框架设计 | 吴欣雨、卜发扬、罗子铖 | 2022.12.22 至 2023.01.20 |

| 后续任务 | 人员 | 进度安排 |
|------|---------|-------------------------|
| 底盘装配 | 吴欣雨、卜发扬 | 2023.02.20 至 2023.02.26 |



图 3-9 工程机器人研发时间节点甘特图

3.2.5 飞镖系统

3.2.5.1 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 23 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 23 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。23 赛季地图相较于 22 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；

3.2.5.2 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。

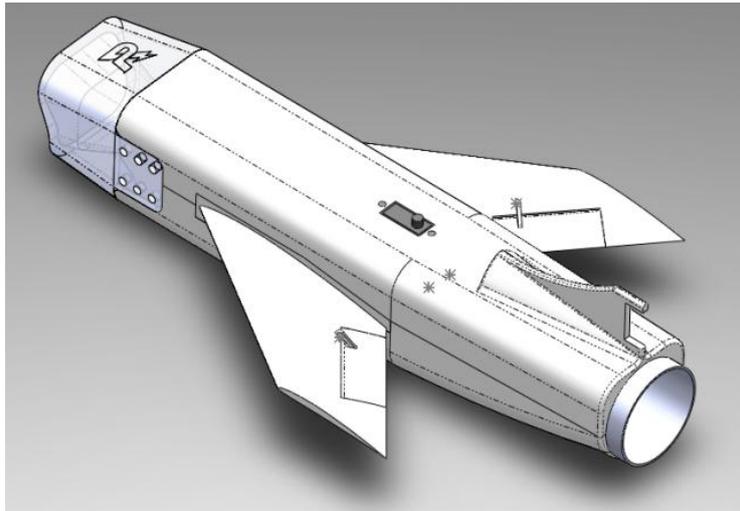


图 3-10 涵道飞镖基本外形

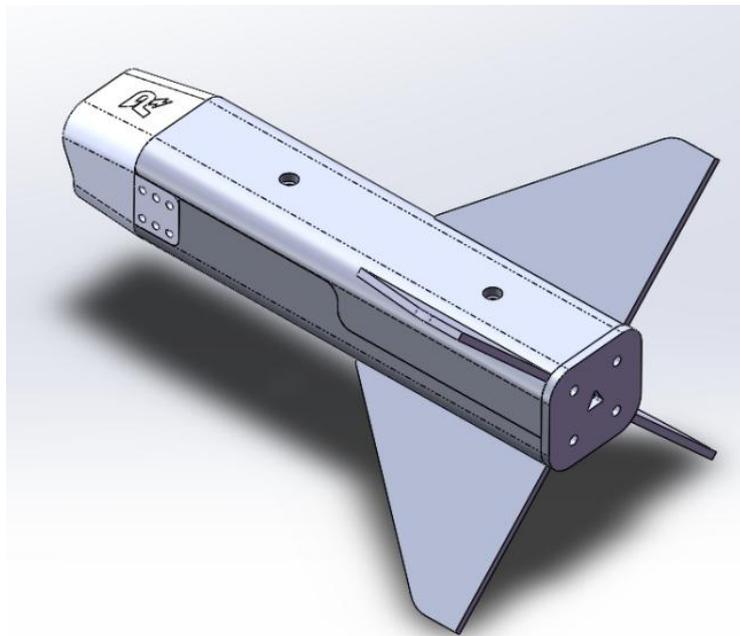


图 3-11 无动力飞镖基本外形

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。

3.2.5.3 人力与耗时评估

表 3-13 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 |

3.2.5.4 时间节点

表 3-14 飞镖工作时间表

| 后续任务 | 人员 | 进度安排 |
|-----------|---------|--------------|
| 发射架程序框架搭建 | 吴天骋，任弘奕 | 至 2022.12.05 |

| 后续任务 | 人员 | 进度安排 |
|--------------|---------|--------------|
| 发射架云台与装填机构调参 | 吴天骋，任弘奕 | 至 2022.12.12 |
| 飞镖弹道测试 | 任弘奕 | 至 2023.01.15 |
| 飞镖弹道调优 | 何朋昆 | 至 2023.01.15 |
| 自动发射程序设计 | 吴天骋，任弘奕 | 至 2023.01.15 |
| 裁判系统整合 | 吴天骋，任弘奕 | 至 2023.03.04 |

3.2.6 雷达

雷达站位于基地后方的场外，拥有 1200mm^2 的小平台，平台基础高度为 2000mm ，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。

3.2.6.1 功能与需求

- 1) 传承上届雷达站的代码，配置齐全雷达站硬件，在雷达站上运行上届雷达站的代码
- 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) 新硬件的适配

本赛季引进激光雷达取代深度相机作为新硬件，使深度检测在远距离能够实现更高的检测精度。

4) 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。

5) 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，我们希望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。

3.2.6.2 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，同时进行小规模的重构，并以此为基础添加新的内容
- b. (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) 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

4) 小地图

利用激光雷达与新模型，提高小地图的可见范围与探测精度

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。

6) 飞镖预警

7) 特殊区域预警

3.2.6.3 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. 添加新功能
8. 与其他小组相关的工作

3.2.7 空中机器人

本赛季由于无人机规则与之前无改变，因此不会分配太多资源进行研发，主要任务是重制无人机的下挂云台，使其更加稳定。

表 3-15 空中机器人工作内容

| 具体工作 | 资源需求 | 人力规划 | 人员技术要求 | 耗时评估 | 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，充分了解影响发射各因素 | 1 | 1500 |
| 自动射击 | 摄像机 工控头 | 2 | 熟悉视觉（控制）算法，能与电控（视觉）配合 | 4 | —— |

表 3-16 空中机器人时间节点

| 后续任务 | 人员 | 进度安排 |
|--------------|----|------|
| 云台完整建模云台完整建模 | | |
| 云台实物装配 | | |

| 后续任务 | 人员 | 进度安排 |
|-------------|----|--------|
| 云台调试 | 蒋为 | 至 1.4 |
| 弹道测试 | 蒋为 | 待定 |
| 云台 pid 参数调节 | 蒋为 | 至 1.13 |
| 自瞄调试 | | |

3.2.8 人机交互

3.2.8.1 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。

3.2.8.2 工程人机交互

在取矿时，由操作手拨动左拨杆向上，进入自动模式，该模式下程序会启动计算移动路径并吸起矿石，若动作有误或没有抓到矿石，则需要操作手手动拨动拨杆至中档重置或终止自动抓取程序。

在兑矿时，由操作手拨动左拨杆向下，进入自动模式，该模式下程序会自动完成兑矿动作。

若遇不可预料情况，则需按顺序拨动左右拨杆，用以进入纯手动模式，该模式下操作手必须手动调整机械臂各关节角度至无错误情况。

3.3 技术储备规划

3.3.1 机械部分

3.3.1.1 机械已具备部分

1. 云台整体架构

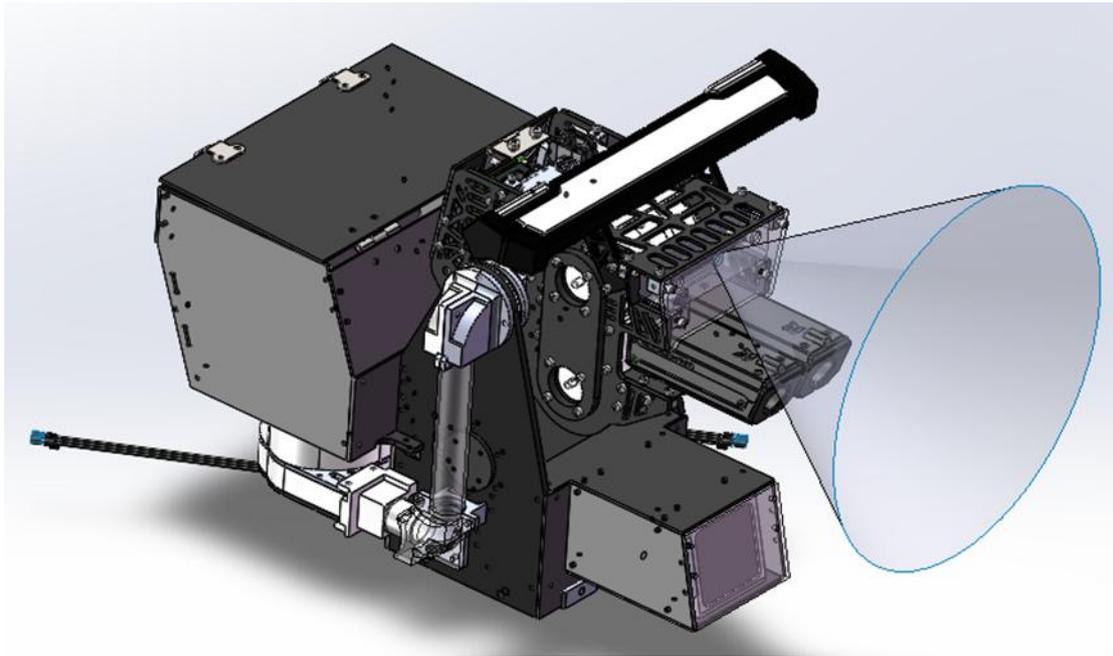


图 3-12 双枪云台架构

目前设计阶段的云台总体架构如图 所示。其延续了 22 赛季中供弹步兵的设计方式及风格，对云台架、发射机构、弹舱、弹链及 pitch 轴重力补偿做了模块化设计，简化装配同时方便各模块整体的迭代优化。

2. 双发射机构

在双枪哨兵云台研发期，发射形式有三种方案，以下简要分析其特点：

表 3-17 发射机构分析

| 发射形式 | | 描述 | 优点 | 缺点 |
|-------|------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| 单发射机构 | 转动枪管 | 在一个测速模块枪口热量即将达到上限时，换至另一个测速模块发射 | 体积、质量小； 仅需单拨弹轮供弹； | 测速模块与枪管连接件的同轴度难以保证； 持续输出能力受枪管切换速度 |

| 发射形式 | | 描述 | 优点 | 缺点 |
|-------|------|--------------|--------------------------------------|---|
| | | | 无先天的发射精度劣势； | 影响； 枪口热量利用率低； 最大射频为单枪管的最大射频，爆发较弱； |
| 双发射机构 | 交替发射 | 两个发射机构交替发射弹丸 | 可通过单拨弹轮+分流机构供弹，减小弹舱重量； 枪口热量利用率较高； | 先天的发射精度劣势； 射频受机械机构限制，难以达到双枪管的最大射频，爆发适中 |
| | 同时发射 | 两个发射机构同时发射弹丸 | 枪口热量利用率高； 可达到最大射频，爆发高 | 先天的发射精度劣势； 需双拨弹轮供弹，结构臃肿； |

考虑到哨兵的战术定位及其无人操作的模式，哨兵在一场比赛中与其他机器人的交火机会可能较少。同时，规则赋予了哨兵较大的弹丸发射量及热量、射速限制。为增强哨兵的索敌、反击能力，本设计将哨兵的爆发能力作为第一要素，而持续输出能力次之，从而达到检测到敌方单位时“一击毙命”，防止哨兵受到其他地面单位的牵扯，导致其血量被不断削弱。

因此，本设计采用双发射机构+双拨弹轮供弹（即双发射机构同时发射），最大化的突出哨兵的爆发能力。同时，采用测速模块水平向并排，并尽可能最小化两测速模块间的距离，以减小双发射机构先天的弹道散步问题。

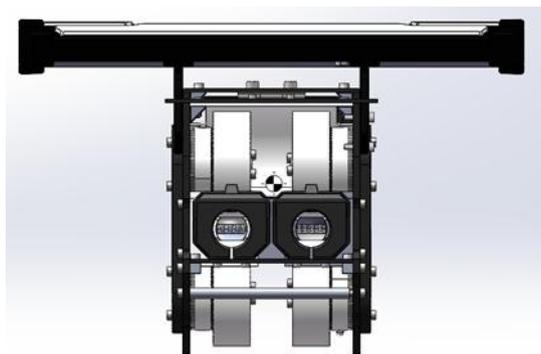


图 3-13 双枪云台

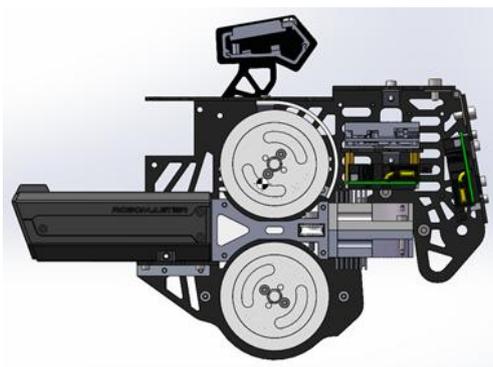


图 3-14 双枪云台侧视

发射系统设计如图 所示，采用上下摩擦轮+水平并排测速模块。其中，两测速模块的最小间距为 1.6mm，测速模块的定位采用侧边凸台+底部平面定位。

3. 双中供弹舱

在双枪哨兵云台研发初期，弹舱的布置形式同样有三种方案（考虑到上供弹显然不适用于预制弹丸量为 750 发的哨兵，因此不作考虑），以下简要分析其特点：

表 3-18 弹舱特点分析

| 布置形式 | 描述 | 优点 | 缺点 |
|-------|-----------------------------------|--|-----------------------------|
| 双中供弹舱 | 两个拨弹轮供弹，且两拨弹轮都放置在云台架上 | 结构紧凑，便于设计、装配及维护； 供弹频率高，弹链链路短； 对 yaw 轴无限制(不需中空 yaw 轴) | 云台质量、转动惯量大； 弹舱底部可能与底盘干涉； |
| 单下供弹 | 单拨弹轮过 yaw 轴中心供弹+分流机构，实现单拨弹轮向两个发射机 | 质量、体积小，且整车重心低； | 弹链长，同时由于分流机构的存在，其阻力较大； |

| 布置形式 | 描述 | 优点 | 缺点 |
|-----------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| 舱 | 构供弹 | | 供弹频率为其他两种方式的一半； 底盘空间占用大，中空 yaw 轴； |
| 单中供+单下供弹舱 | 两个拨弹轮供弹，且一个拨弹轮放置在云台架上，另一个拨弹轮放置在底盘上 | 适当减小了云台的质量与转动惯量； 供弹频率高，弹链链路短； | 结构臃肿； 中空 yaw 轴； |

由于采用了双发射机构，供弹机构必须满足同时供给两个发射机构并达到相应的供弹频率的要求。由于规则中哨兵有着很高的枪口热量及较快的枪口冷却，在进行粗略的计算后发现单供弹机构+分流机构难以实现哨兵最大射频下的供弹频率，其中不论机械结构的强度、弹丸下落至拨弹轮中的速度或是出于安全性的考量，都对其有着较大限制。考虑到哨兵云台设计的第一准则为爆发能力，因此摒弃单下供弹舱的布置形式。

而对于其他两种布置形式，考虑到哨兵激光雷达安装在云台架上，为保证其正常工作，需求同一平面内，底盘上无障碍物（即底盘整体高度较低）。因此，若双中供弹舱结构，可以将弹舱放置在云台架的较低位置，同时能够避免弹舱与底盘干涉问题。此外，考虑到分别在底盘与云台上设置弹舱的结构过于臃肿，因此，本设计采用双中供弹舱的布置形式。

其供弹链路如图所示

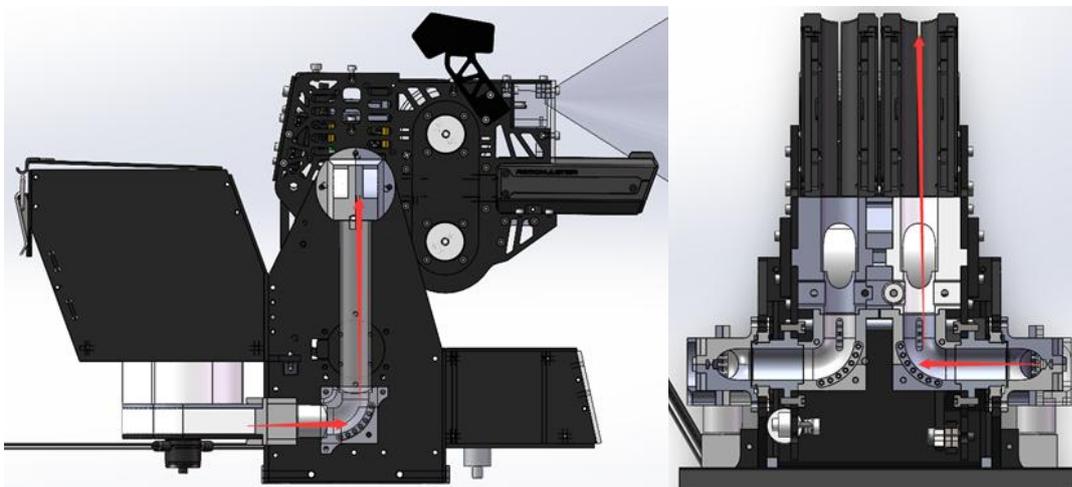


图 3-15 供弹链路

4. 瓦特连杆避震

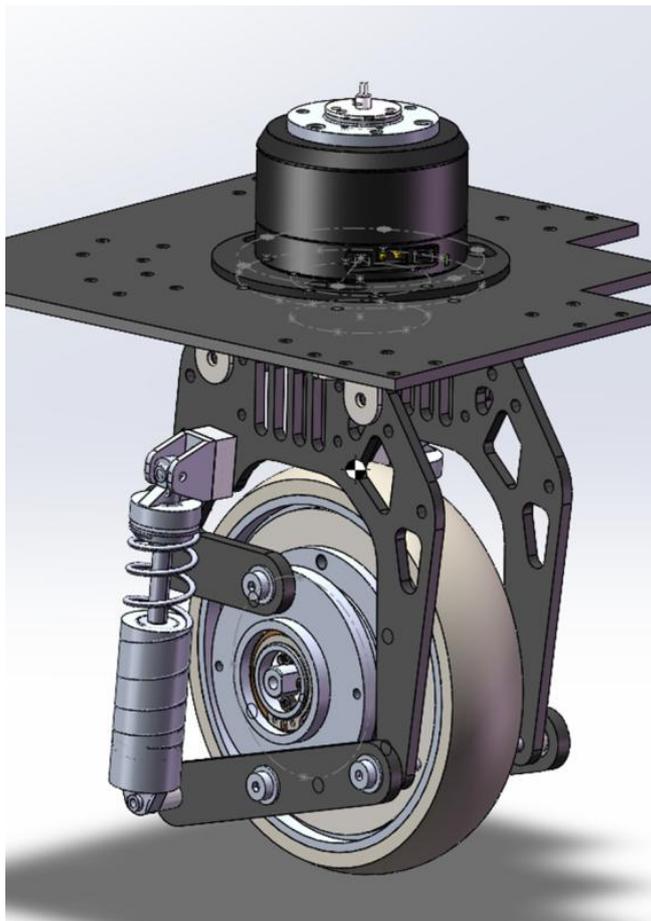


图 3-16 瓦特连杆

目前常见的舵轮底盘减震器方案多为保守的双叉臂等形式。本队参考汽车上常用的瓦特连杆设计避震，好处是减震器行程足够长，可以更好发挥其减震性能，同时瓦特连杆保证轮组颠簸时尽量以竖直方向运动，减少水平方向颠簸，实际效果目前有待测试。

3.3.1.2 机械预发展部分

1. 单层弹舱

目前的弹舱仍采用 22 赛季的结构，仅对拨弹轮的形状进行了适应性的调整，而拨弹轮仍为两层结构。这样的结构将进一步提高弹舱高度，对于目前设计的双中供弹舱结构来说，将提高其云台重心，从而增大翻车概率。目前的研发迭代方向是将拨弹轮改为单层结构，但对于供弹频率、空弹概率（因为弹丸无法及时落下导致空弹）等参数，仍需后续不断测试迭代；

2. 高稳定性、高供弹频率拨弹轮

目前哨兵云台的多数设计都受机械机构的强度及安全性限制，导致云台过于臃肿。供弹机构就是个很好的例子，单弹舱+分流机构给两个发射机构供弹的方式无法运用于哨兵的一大原因就是拨弹轮的供弹频率无法达到要求。其中，最为受限的是拨盘的形状与材料，如何设计一个适用于高转速且安全稳定的拨盘，是制约高稳定性、高供弹频率拨弹轮设计的一大因素；

3. 低阻力弹链分流机构

尽管单弹舱+分流机构给两个发射机构供弹的方式在哨兵上难以实现，但可以考虑将无人机的机动枪管移至步兵机器人上，研发双枪步兵。由于步兵的射速上限、热量上限等都相比哨兵较低，因此可以采用单弹舱+分流机构给两个发射机构供弹的方式，这将大大减小双枪步兵的重量，同时能够避免上供弹导致的重心变化问题。而这些想法的前提是设计一种低阻力的弹链分流机构。在哨兵云台研发初期，对此类机构进行了部分设想：如适当变化弹链形状，使之变为圆-椭圆-圆的放样过渡，在重力作用下，弹丸会自然的向椭圆弹链两边交错分布，此时再设置一个 Y 形岔道，在拨弹轮的推动下，弹丸会自然的依次交错进入 Y 形岔道的两边，从而达到分流效果。但此构想仍需进一步测试与完善。

2) 重力平衡机构

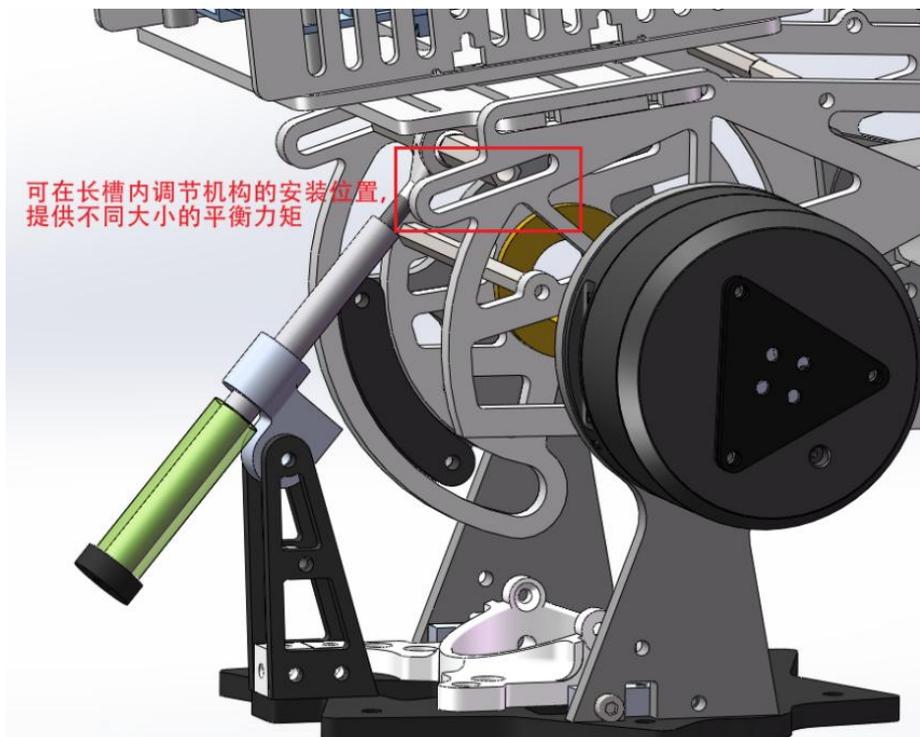


图 3-17 重力平衡机构

上赛季研发的下供弹英雄及中供弹步兵由于结构限制，pitch 轴的重心都较为靠前。当仅使用一个 6020 电机使 pitch 轴保持水平时，电机负载极大，需要持续提供相当大的电流才能维持发射机构水平，持续运行一段时间后会发烫影响正常工作，甚至损害电机寿命。目前暂不考虑更换 pitch 轴电机或使用双 6020 电机驱动，因此需要通过特定的结构设计使得云台能够维持机械自平衡。较为传统的解决方法是使用 NUC 和电机等大质量的零件进行重力配平，但这会增大云台活动部分的惯量，降低 Pitch 轴响应速度；且一旦发射机构图纸修改导致重心改变就需要重新进行计算调整和零件加工，极大增加工作量。因此上赛季我们参考广东工业大小 DynamicX 战队在步兵和英雄上应用了完美重力平衡机构，基本实现了靠弹簧装置抵消重力矩作用的目标。

但我们也在实践中发现，尽管理论很完善，但实际设计仍会受到诸多限制。例如，P 轴活动过程中弹簧运动和其它结构的干涉；不同俯仰角导致 Pitch 轴受力情况的改变；难以购买到刚度、长度、内外径大小均合适的弹簧等。即使勉强解决了这些问题，实物测试过程中的表现依然不如理论完美，Pitch 轴无法在任意位置都保持平衡，仰角过大时仍会在重力作用下下垂。经过分析，原因可能是理论计算与实际存在偏差、弹簧形变中会发生弯曲导致受力情况不理想、重力平衡机构自身存在阻尼等。因此后续我们进行了优化改善，将平衡机构的安装位置由固定孔位改为可调的长槽，实际装配过程中可进行微调保证真正平衡的实现；开发参数化设计工具用于重力平衡的计算等，再推广到更多的兵种上应用。

3) 下供弹步兵

23 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：

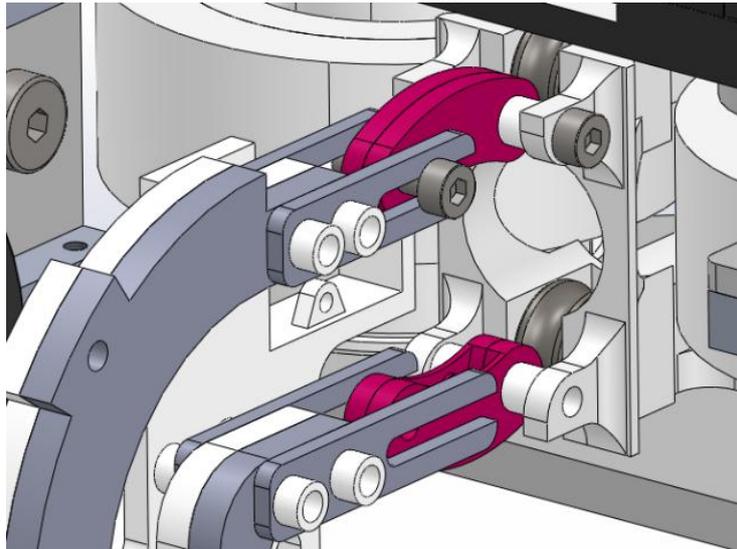


图 3-18 滑块示意 (紫红色零件)

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° 至 30° 。

b. pitch 轴电机作为惯性体，实现云台 pitch 轴的平衡：

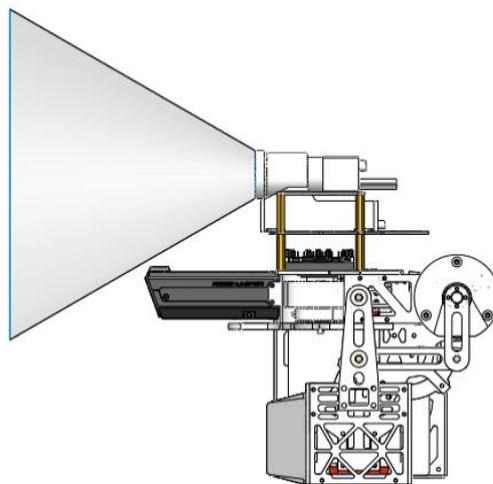


图 3-19pitch 轴平衡

c. yaw 轴同步带传动，采用内孔径 20 的滑环

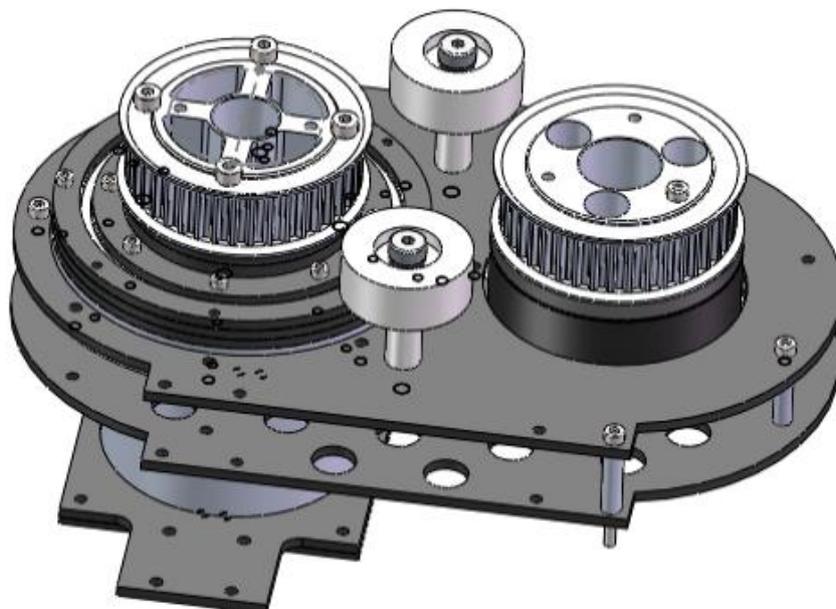


图 3-20 配合下供弹弹链的 yaw 轴

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 3-21 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
    }
  end
end
```

```

    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]]

    @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|

```

4) 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 3-19 过 pitch 轴弹链特点

| 弹链形式 | 描述 | 优点 | 缺点 |
|-------------|---|--------------------------|---|
| 滑槽 | 同 23 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：

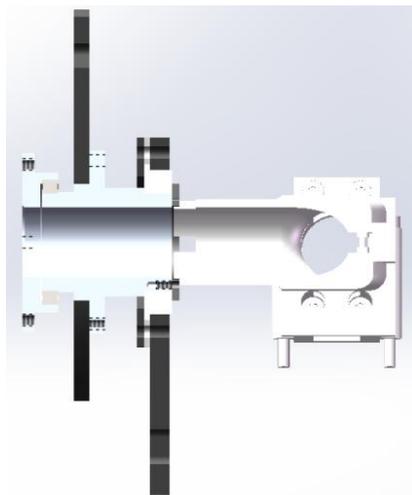


图 3-22pitch 轴弹链设计

3.3.1.3 机械欲发展部分

1) 英雄双摩擦轮发射机构

为吊射约 20m 远处的基地，英雄发射机构需要给大弹丸稳定提供 16m/s 的初速度。但现在大部分队伍运用的单组摩擦轮发射机构只能勉强达到这一要求，且弹速稳定性也不尽人意。由于落点距离与发射初速度成平方关系，所以为实现落点的精准控制，必须保证弹丸初速度精确稳定。因此团队提出了双摩擦轮发射机构方案，通过两组摩擦轮二级加速来实现 42mm 弹丸的射速稳定：第一级在传统摩擦轮上实现 $\pm 1\text{m/s}$ 的发射速度误差，然后通过二级摩擦轮将其控制到 0.1m/s 内。

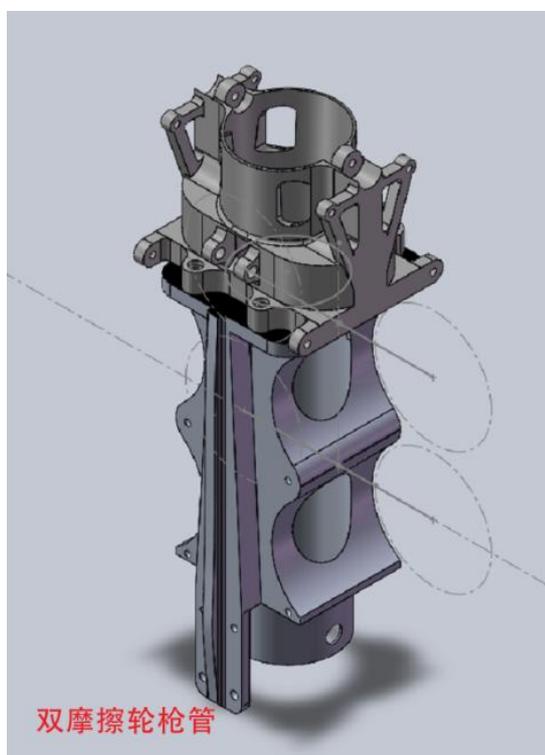


图 3-23 双摩擦轮枪管

2) 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。

3) 工程机械臂

由于本赛季兑矿难度的大幅度提升，上赛季工程的框架式装置已无法满足兑矿的需求。为此，在本赛季我们采用新的抓兑矿方法，使用六自由度机械臂，在参考 KUKA 机械臂的基础上进行设计。

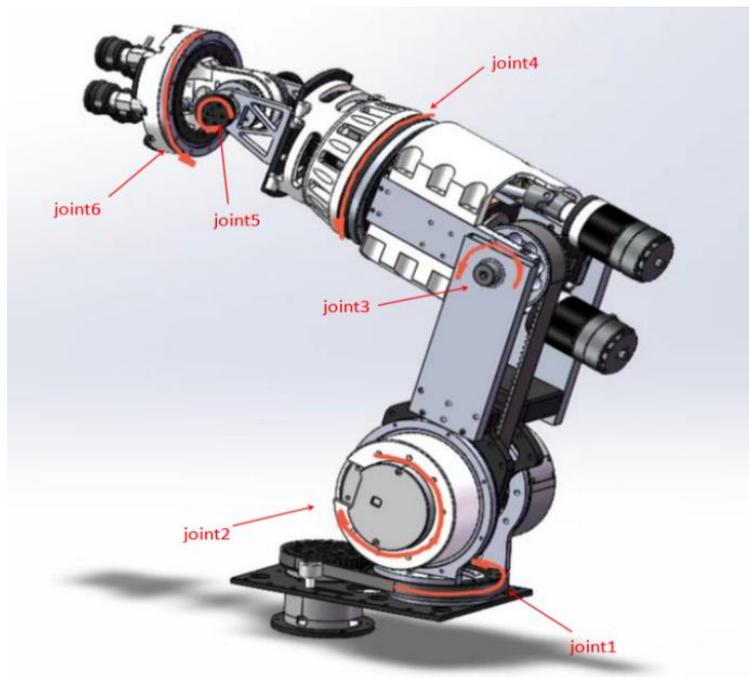


图 3-24 机械臂的六个自由度部分

机械臂的六自由度中，在 joint1 部分，电机与带轮相连，通过同步带带动轴承旋转来实现机械臂的整体旋转。link2 和 link3 两部分为机械臂活动空间的主要实现部分，通过 joint2 和 joint3 之间的协调工作以此实现机械臂的高度调整。此处需要注意的是，joint3 电机的定子需要固定在 link2 上，否则，若 joint3 的电机定子固定在 link1 上，link2 转动时会带动同步带转动，导致 joint3 电机转子同步转，不符合 link 和 joint 之间的定义关系。joint4 的电机固定在 link3 的铝管间，控制机械臂前端绕 roll 轴旋转。joint5 和 joint6 通过万向节联轴器进行动力传输，在 joint5 处进行动力耦合，通过传动带的同向转动和反向转动实现 joint5 和 joint6 的控制。

由于机械臂的大活动空间和长度缘由，不合理的质量分布会导致机械臂的质心过高且与底座重心偏离较远，使机械臂在工作过程中容易发生倾覆。为此，我们主要采用铝管和玻纤板作为机械臂的结构件，在保证强度要求的同时降低重量，预计把机械臂的质量控制在 6kg 之内。同时我们把机械臂的 joint3 电机下置和 joint4 和 joint5 的电机后置，达到降低机械臂质心的目的。

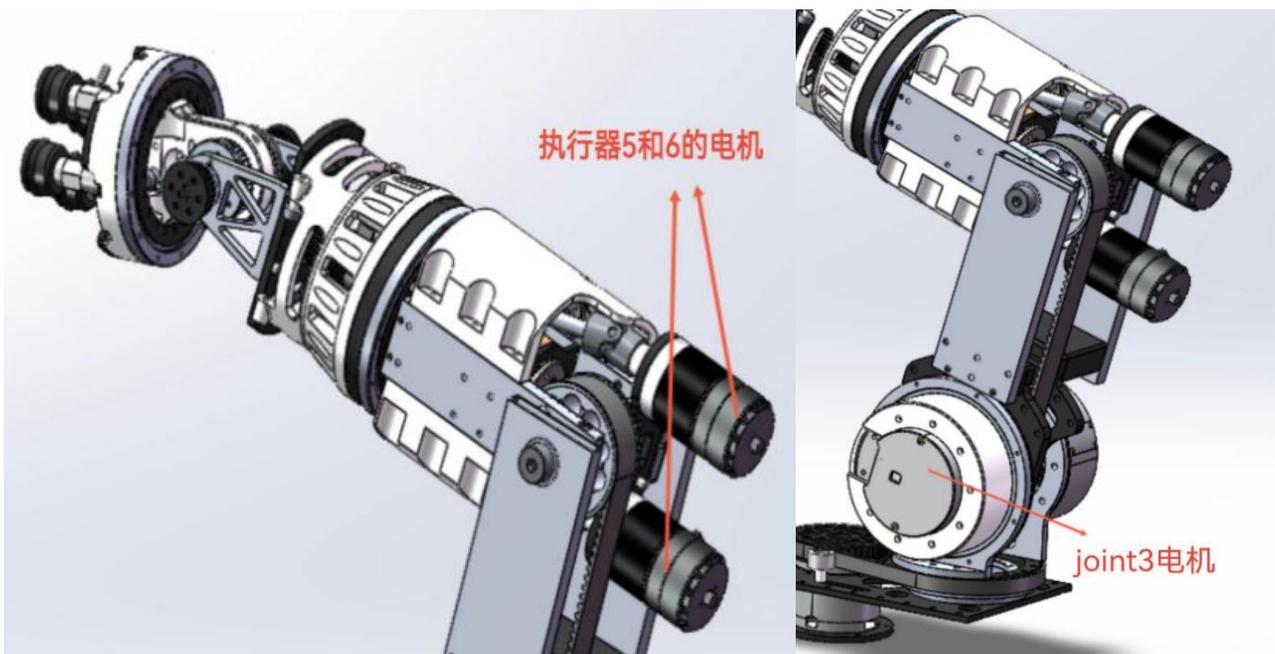


图 3-25 joint3、5、6 电机位置

在这个赛季中，兑换槽较窄的宽度也对兑换提出新的挑战，采用夹爪兑换可能无法夹着矿石塞进兑换槽。因此这赛季我们采用吸盘作为的抓取机构。我们在工程机器人底盘上安装了真空泵，用导管将真空泵与吸盘进行连接，然后通过真空泵的控制实现吸盘对物体的吸附和安放。相比于框架式结构，此类抓取系统会具有更快的抓取速度和更灵活的抓取空间。

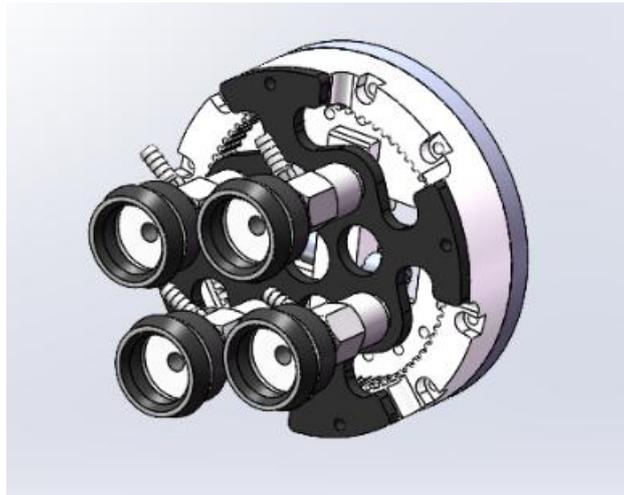


图 3-26 吸盘结构

3.3.2 嵌入式部分

3.3.2.1 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：

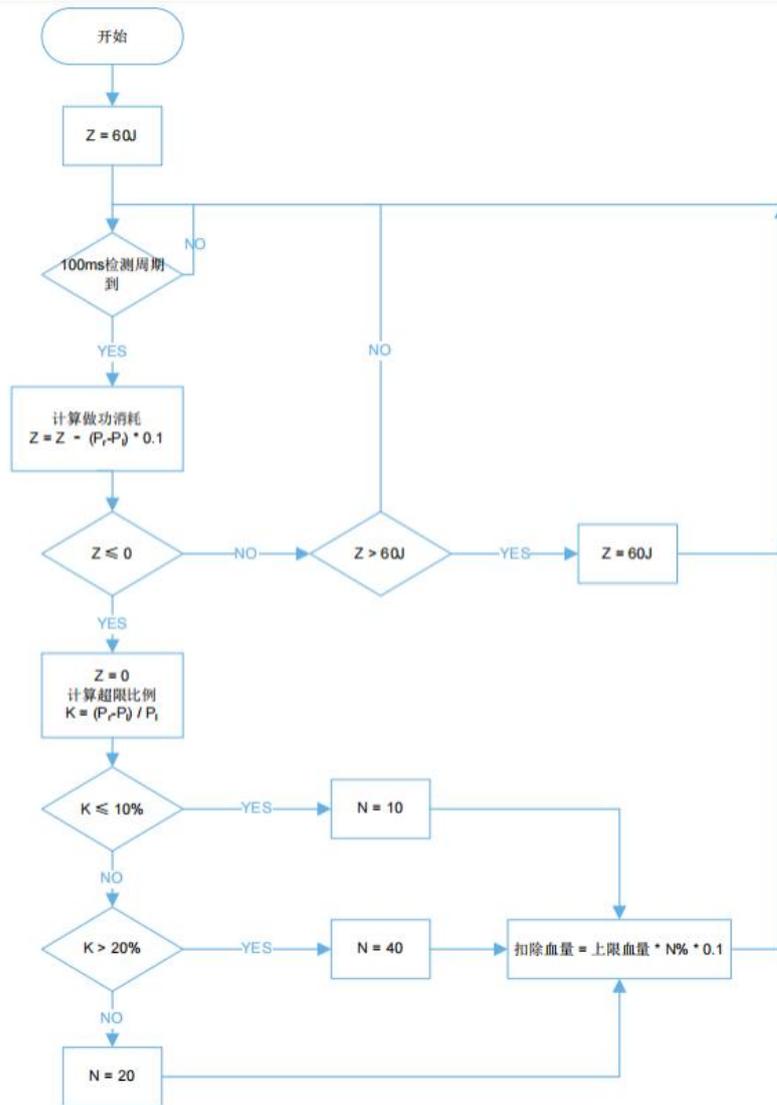


图 3-27 步兵机器人和英雄机器人底盘功率检测及扣血逻辑图（规则）

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：

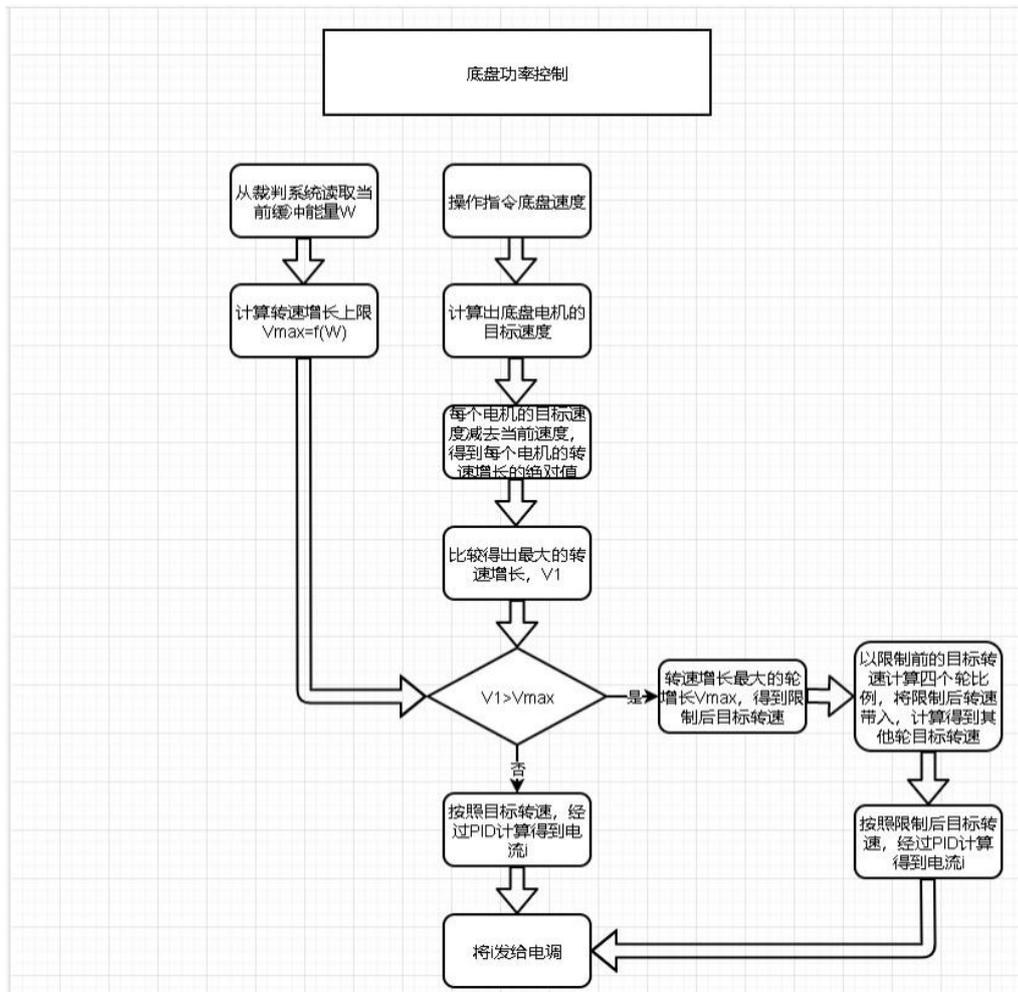


图 3-28 底盘功率限制流程

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。

3.3.2.2 嵌入式欲发展部分

1) 系统辨识

a) 在 keil 中编写激励信号控制代码:

我们把数据作为数组形式在整车代码中声明，此时利用一个稳定的时间周期来进行计算，就可以得到近似连续的扫频信号。此处把生成扫频信号的代码放在了位姿解算任务中，因为这是在 RTOS 下整车任务中几乎最稳定的 1ms 任务。

```

1.  if (identify_start_flag==1){ //wait until all tasks started
2.      identify_start_count=1;
3.      if (identify_start_count == 1){
4.          identify_start_count = 0;
5.          if(identify_time * 1000 > identify_tt[identify_i] && identify_i < 63 ){
6.              identify_i++;
7.              identify_time = 0;
8.          }
9.          if(identify_i == 64)
10.             {
11.                 identify_sin_signal = 0;
12.                 identify_time = 0;
13.                 //                      identify_sin_signal_switch = 0;
14.             }
15.             identify_sin_signal = arm_sin_f32(2 * 3.1415926f * identify_f[identify_i] *
identify_time);//正弦信号
16.             identify_time += 0.002f;
17.             identify_time1 += 0.002f;
18.         }
19.     else {
20.         identify_start_count = 1;}

```

21. }

b) 输出给被控对象:

上一步生成的其实就是一个实时变化的输入变量，这个变量会按照扫频信号的规律进行变化，我们需要把希望控制的那个变量赋成这个值。比如，我们想要辨识云台 yaw 轴的传递函数，即红框内部分，这部分的输入是 can 发出的电流值，输出是电机的转速。因此把 can 发出的电流值赋成这个全局变量即可。需要注意的是，生成信号值的是-1~1，因此需要做一定的放大处理。

1. `gimbal_motor->current_set=10000.0f * (*identify_gimbal_set);`

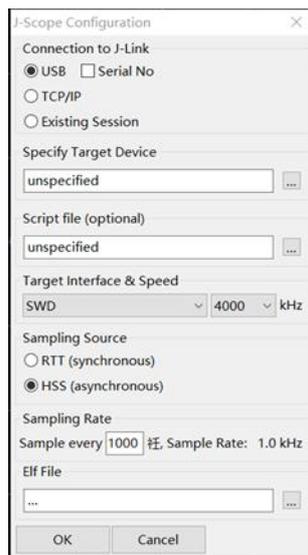
再比如，我们想要辨识云台的位置环，那么传递函数就是包含了速度环的部分，输出是电机的位置。因此代码应为:

1. `gimbal_motor->motor_gyro_set =10000.0f * (*identify_gimbal_set);`

2. `gimbal_motor->current_set = PID_calc(&gimbal_motor->gimbal_motor_gyro_pid, gimbal_motor->motor_gyro, gimbal_motor->motor_gyro_set);`

c) 记录响应数据

在 J-Scope 中新建一个 project，然后把 SampleRate 改成 1khz，和扫频信号的变化频率保持一致;在 Elf 中选择 Keil 文件目录下的 axf 文件，其他都保持默认，然后点 ok，系统会提示没有选择 device，此时选择芯片型号即可。（提前选择会导致闪退，一定要等系统提示再选）。



然后选择需要记录的变量值。注意：J-Scope 只能读取整型的数据，因此需要把浮点型的角速度值转化成整型（这里采用的方法是乘以 1000 然后转成整数，在代码里已经转好了）。下一步，先点击红色按钮 `record`，再用遥控器控制机器人开始受控运动。（实验代码中启动

方法是令 `identify_start_flag=1`，利用遥控器拨杆进行判断，可以全局 `search` 一下这个变量来找一下在哪里改变了)

采集完成后导出数据为 `csv` 格式。

d)数据处理

在 `csv` 中，需要对格式进行处理，使其能让 `matlab` 读出。由于采集到的数据前后部分存在激励信号为零的非工作状态，会影响系统辨识的结果，因此需要去除。使用 `find` 函数找到激励信号首尾第一个不为零的数据的索引值，然后根据此索引值去掉输入输出信号首尾对应的部分，得到实验所需的时域数据。

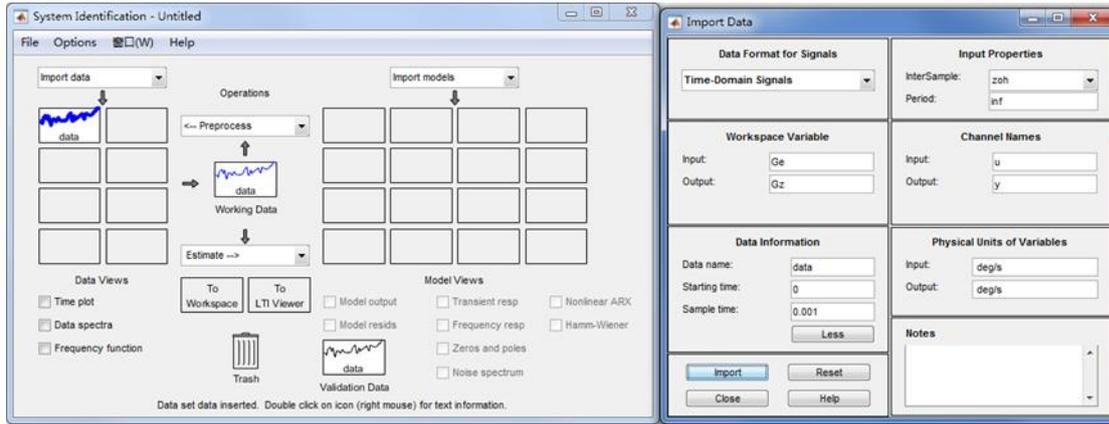
代码参考如下：

1. `data=importdata('chassis1.csv');`
2. `%plot(data(:,3))`
3. `datay=data(15000:25000,3);`
4. `datax=data(15000:25000,2);`
5. `f=find(datay,1,'first');`
6. `l=find(datay,1,'last');`
7. `datayy=datay(f:l);`
8. `dataxx=datax(f:l);`

e)利用 MatLab 工具箱进行系统辨识

在 `MATLAB` 的命令行窗口输入 `systemIdentification`，打开系统辨识工具箱。

选择 `Import data > Time domain data`，打开导入数据对话框，在 `input` 和 `output` 选项中键入工作区的输入输出变量名，`Starting time` 和 `Sample time` 分别输入 `0` 和 `0.001`。其他部分选填。点击 `Import` 将数据加入 `System Identification` 工具，然后关闭对话框。



由于本实验数据平均值为零，带宽在 500Hz 以内，同时需要辨识所有数据，因此无需对数据做去均值、滤波、分割等预处理。直接选择 Estimate > Transfer Function Models 打开传递函数对话框，设置零极点个数分别为 1 和 2，点击 Estimate ，即可得到传递函数。

f) 借助传递函数调参

得到传递函数后，可以利用已经编写好的 GUI 来模拟 PID 参数变化对系统响应的影响，从而得知整定参数。根据经验，直接把 Simulink 中的参数放到机器人上，仍具有偏差，但不同参数对 Simulink 仿真的控制变化趋势仍具有较强的指导意义。需要注意的是，目前机器人代码中的 PID 函数的 K_i 和 K_d 是已经将 dt 考虑进去的结果，因此 simulink 中的 K_i 和 K_d 放在机器人上用的时候要放大或缩小 $1/dt$ 倍。另外，sample time 要根据实际控制来决定，比如对云台参数进行辨识，云台任务的周期是 1ms，因此 sample time 就是 1ms，要是底盘参数辨识，那就要换成 2ms。

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力矩，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。

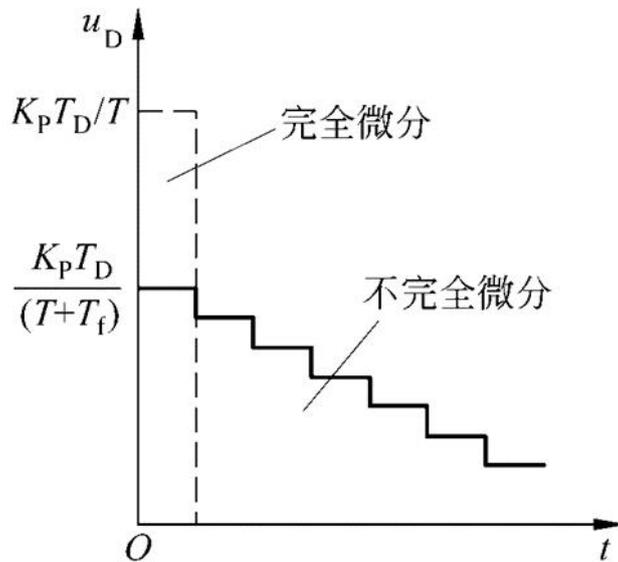


图 3-29 PID 优化方法

此外，拟展开对自抗扰控制算法（ADRC）以及模糊 PID 算法、MFC 算法、LQR 算法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：

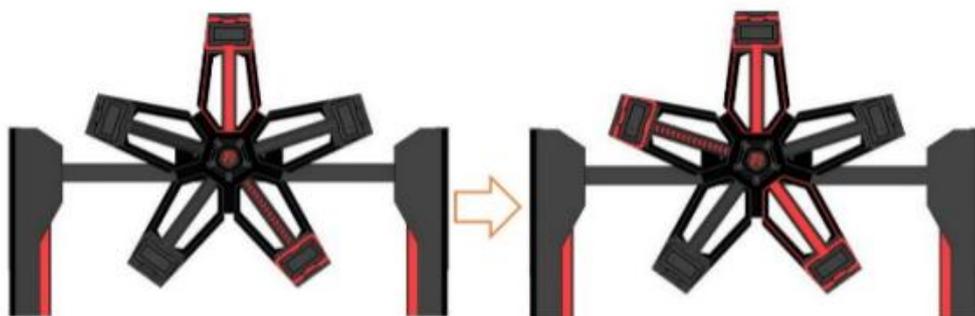


图 3-9 能量机关正在激活状态示意图

图 3-30 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。

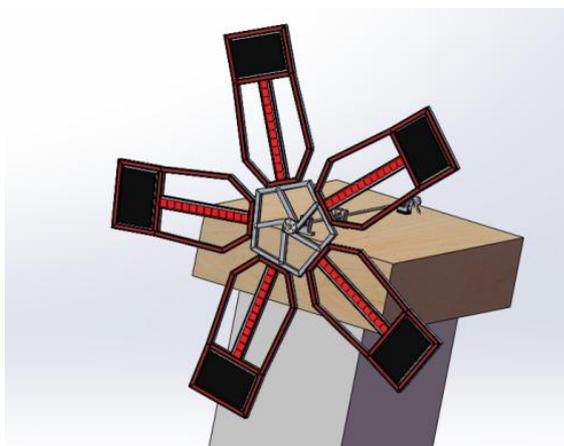


图 3-31 风车机械结构

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：

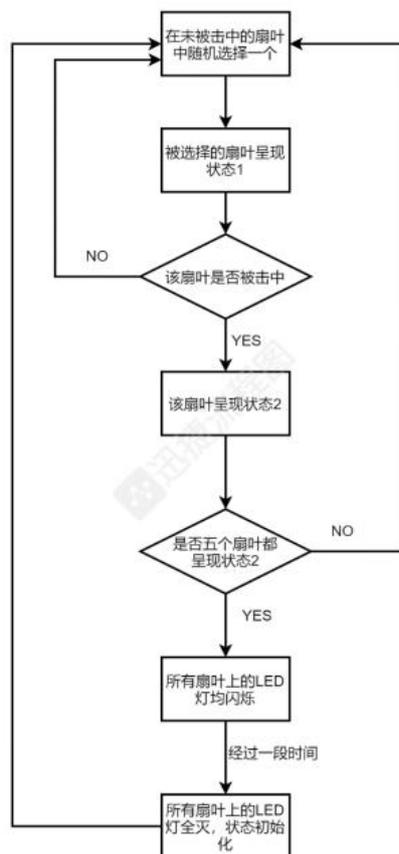


图 3-32 灯条控制流程图

3.3.3 硬件部分

3.3.3.1 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，硬件组目前的成员基本理解了原有方案的设计思路和工作原理，可以对原有的超级电容模块进行维护和调试，同时拥有继续制造这一版本的能力。

制作方面包括使用钢网进行锡膏涂抹，贴装元器件，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。维护方面利用 PCB 中几个测试点，可以用万用表和示波器，找出模块中工作异常的部分，进行针对性故障排除。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

根据大疆官方的装甲板尺寸，以及裁判系统实物，制作假装甲用于视觉训练和测试。假装甲模块准备制作两类，第一类单纯用于视觉训练，使用 USB 口进行充电，通过按键切换红蓝灯光，便于视觉组使用。第二类具备打击检测功能，并通过串口等方式汇报击打数据，准备用于前哨站和大风车的模型。由于新规则加入了打击精度检测，可能假装甲也将加入打击位置的反馈。

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 和立创 EDA 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。所有成员均能独立操作贴片机，掌握焊接工具的使用，会对 PCB 上的常见封装进行贴装和拆除，能认识并分类各种原件。

3.3.3.2 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。

目前硬件组正在对原有方案中各种设计的优劣进行测试，同时尝试各类开原方案。计划使用仪器，对这些方案的充放电功率、效率，电容能量利用率，功率控制稳定性等参数进行测量。最终集合各方案的优点，改进出自己的超级电容方案。

同时针对原有超级电容容易坏、贴装困难的问题，我们将一方面提高贴装的工艺，另一方面使用更合理的封装，加入一定的保护电路，保证在正常使用时电路的稳定性。

2) 改进分电板

大疆官方的分电板为了尺寸设计上配合 C 板使用，所有 XT30 向上引出，使用 C620 定制的直角 XT30 时，线水平伸出，走线十分方便，但是市面上无法买到直角的 XT30 公头，而且 C610 电调、6020 电机都使用普通的公头。所以参考官方分电板的布局设计，进行修改。每一种分电板，将考虑到机器人上实际的安装位置和电机连接需求，采用卧贴和立贴两种母头。

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。

4) USB 和 CAN

为了配合今年工程和全自动哨兵直接使用 minipc，运行 ROS 控制机器人的需求，需要将机器的 USB 接口，转换成可以和电机通信的 CAN 接口。

目前已有开原方案以及固件，但是考虑到一辆车可能用到多个 CAN，以及可能需要 UART 等其他接口，准备在一张扩展卡上集成多路 CAN 和 UART，避免使用分线器的麻烦。

5) 故障检测

超级电容在制作过程中，极其容易因为虚焊或者短路以及元器件烧坏的问题造成最终制作出来的超级电容控制模块无法使用，为了提高故障排查的效率以及减轻排查故障的负担，硬件组准备结合以往的经验以及根据原理图来制作一个排除故障的手册，来为故障排查的时候提供一些有用的参考方法。

6) 超级电容的评估

设计出一个评估超级电容好坏的方案，更加直观的反应出各个超级电容方案之间的优劣，并以此来指明超级电容的优化方向。

3.3.4 视觉部分

3.3.4.1 视觉欲发展部分

1) 矿石位姿识别

我们需要通过端部附有吸盘的机械臂来吸取资源岛的矿石，并不断调整矿石的位姿保证上面的条形码处于合适的位置。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，或者将匹配好的 3D 点坐标通过 ICP 算法解算位姿，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 6 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 3-33 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。

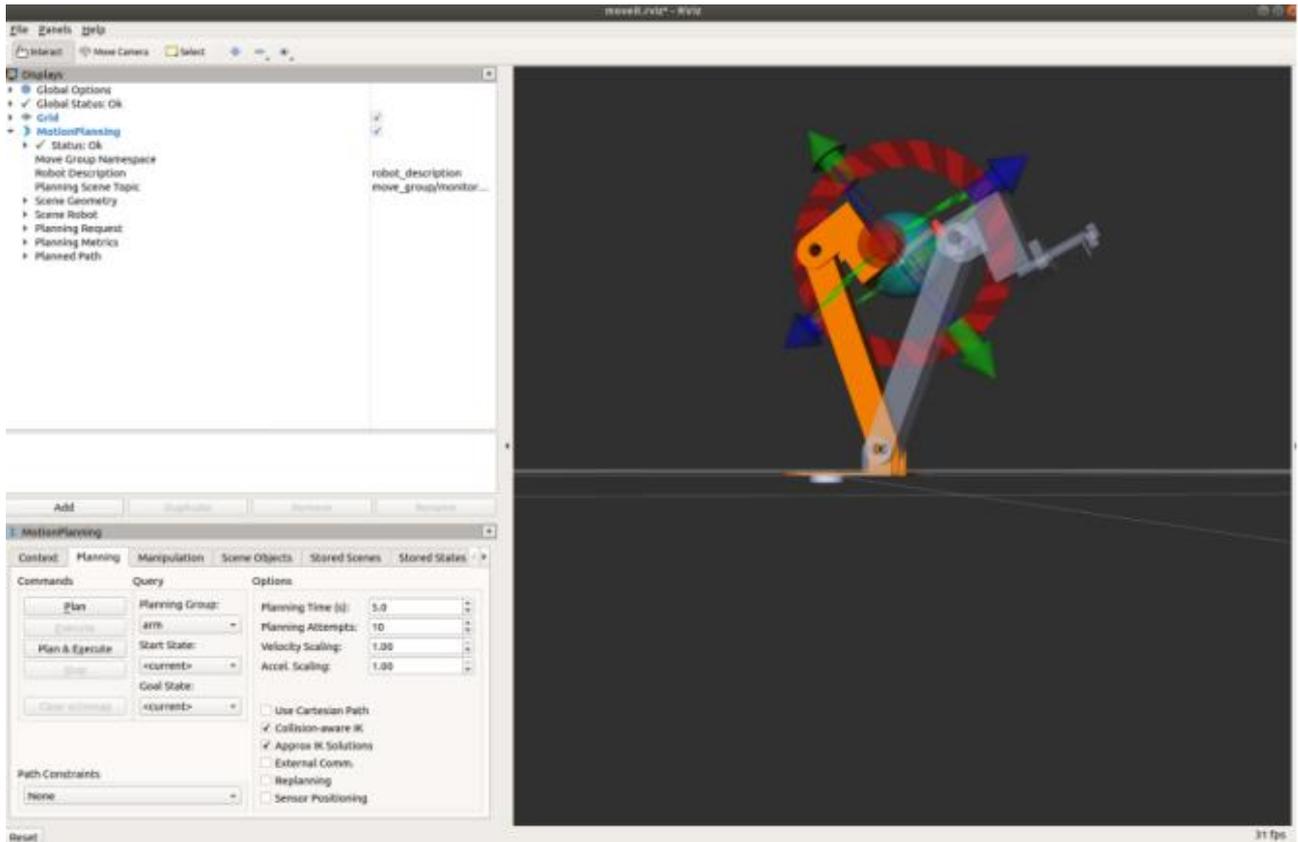


图 3-34 机械臂运动学规划

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。

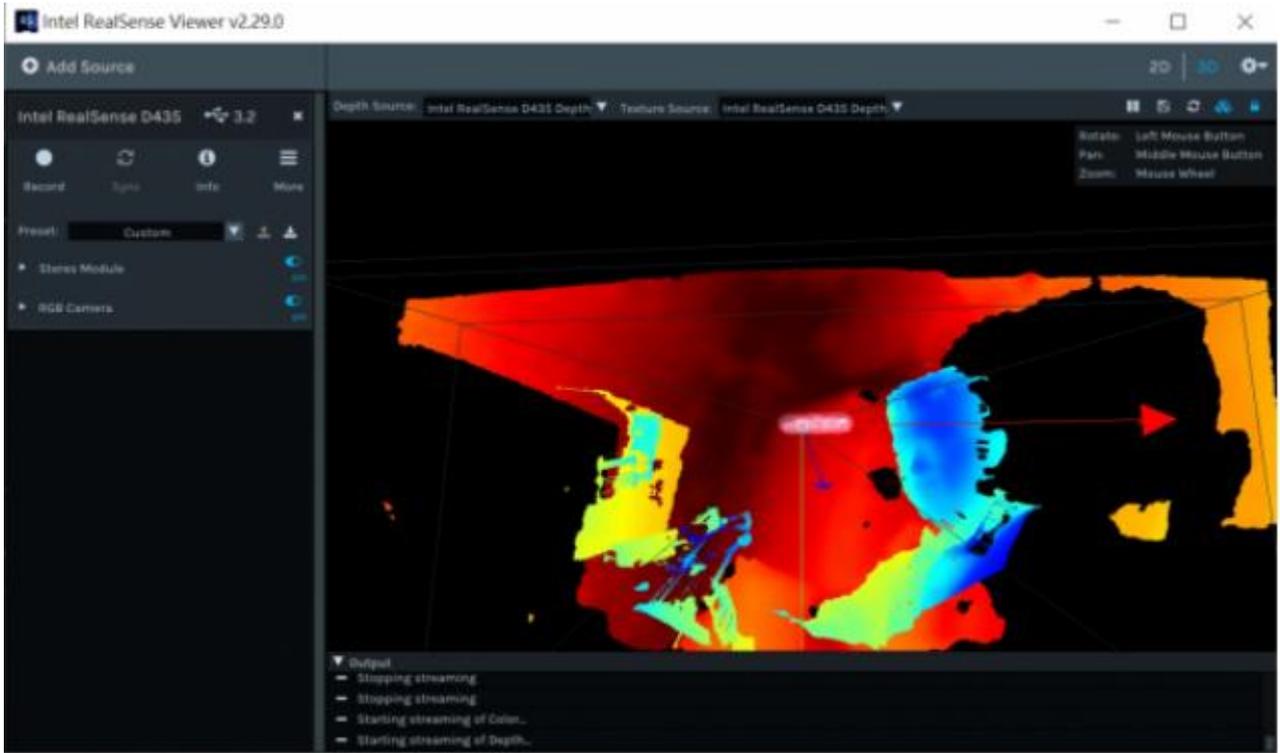


图 3-35 通过深度相机获取矿石的三维坐标

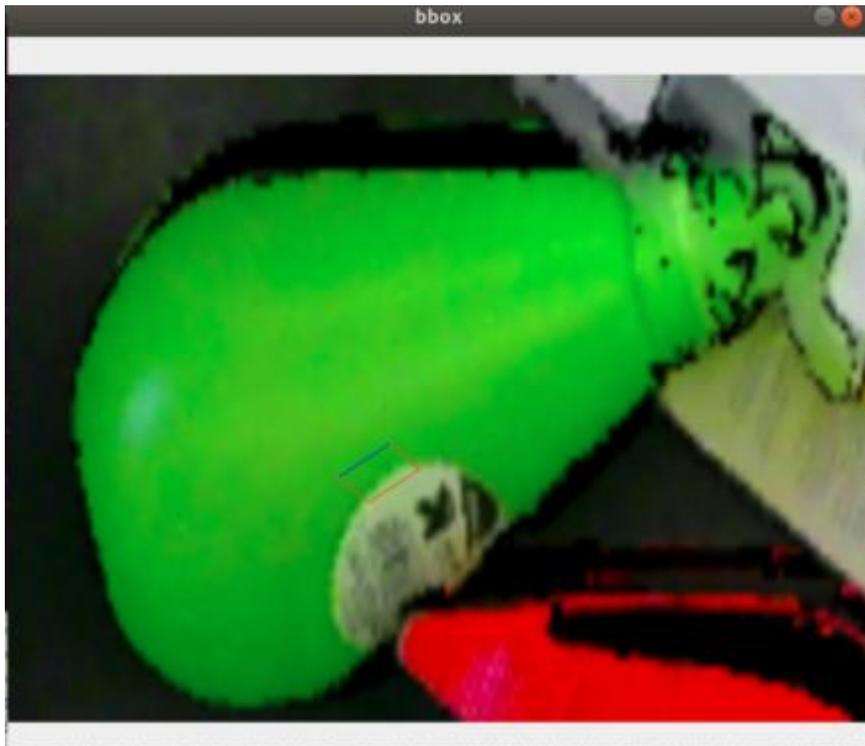


图 3-36 抓取点规划 dex-net

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) 能量机关击打算法

小能量机关：

相机安装在云台上，相机与炮口的相对位置不变，保证了测量装置与执行装置的一致性。风车半径为 0.7m，图像需要留出余量，方便机器人对正位置，视野范围约取风车直径的三倍，视野范围为 6m*4.8m。能量机关增益点距离能量机关的直线距离为 6.44m，迈德威视相机像元尺寸大小为 4.8*4.8 μm ，分辨率为 1280*1024(130 万像素)，成像大小为 1024*4.8 $\mu\text{m} \approx 4.8\text{mm}$ ，焦距 $f=6440*4.8/4800 \text{ mm}=6.44\text{mm}$ ，所以选择 6mm 镜头。

运动模型预测：小能量机关做匀速圆周运动，需要获取圆周的圆心，半径(0.7m)，转速(10r/min)，装甲板旋转的线速度为 0.733m/s。通过模板匹配识别出装甲板后，通过 PNP 解算获取相机到装甲板的距离。通过卡尔曼滤波预测算法建立极坐标线性模型，对下一时刻的装甲板位置进行预测，通过串口通讯发送数据给电控部分调整云台的角度。

同时考虑重力的影响，计算弹道的偏移误差，通过实验法建立仰角经验补偿 pitch 偏移表。
大能量机关：速度目标函数为正弦函数，同时有两个随机量，不过速度变化周期在 3s 以上，即在每个击打间隔(2.5s)，都会有角速度在 0.5rad/s 的情况，因此以等到此时击打成功率会更高。

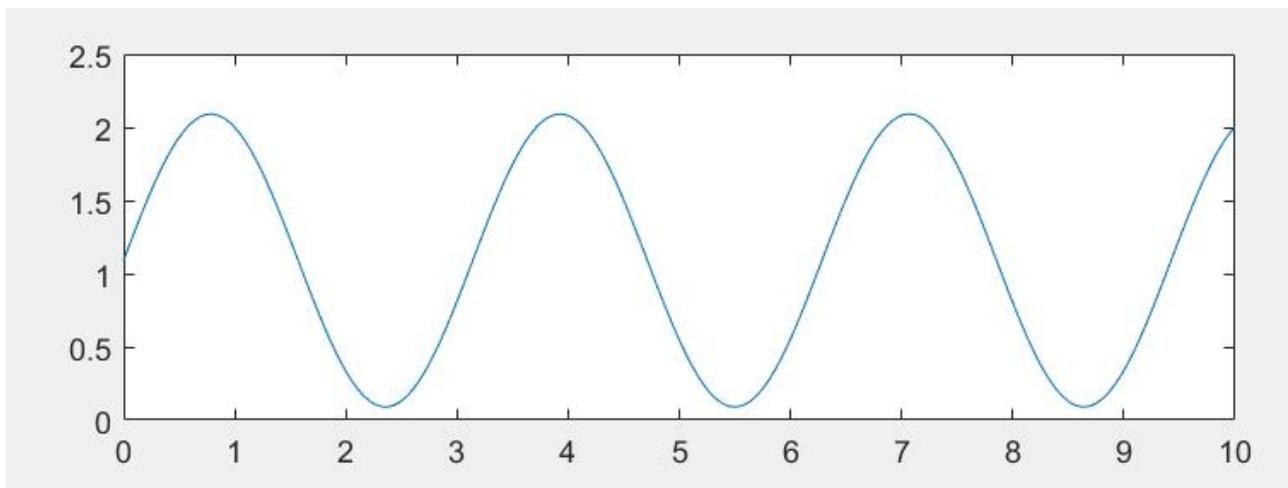


图 3-37 大风车转速变化

3.3.5 控制框架部分

3.3.5.1 控制框架欲发展部分

1) ROS 仿真与控制框架

我们参考广东工业大学的做法，采用 ROS 提供的 `ros_controller` 包，搭建了工程机器人

ROS 仿真与控制框架。ROS 控制系统框架结构示意图如下所示。该框架可以实现控制规划和控制执行的分离，使技术组在开发时能够专注于控制算法的设计而不用过多关心底层控制问题。

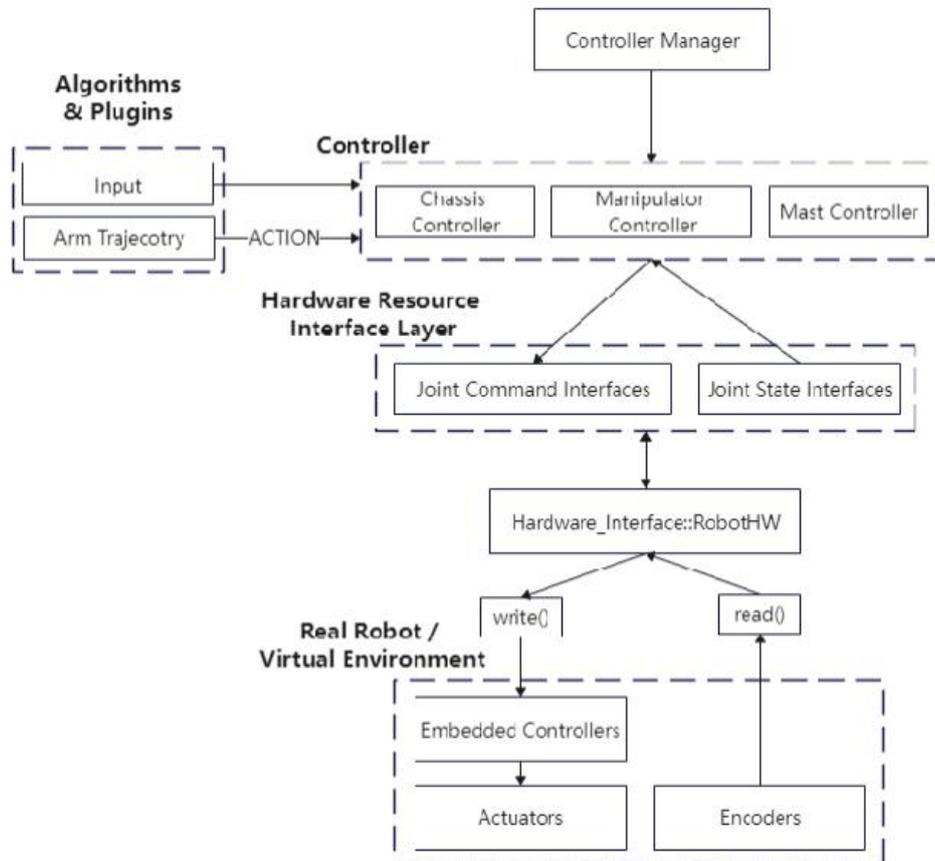


图 3-38 ROS 控制系统框架

其中，算法层专注于工程机器人底盘运动规划、机械臂运动规划、传感器融合实现方面。

控制层采用 Ros_Controller 提供的 controller_manager 包，基于 ControllerBase 类继承了底盘(Chassis)和桅杆(Mast)控制器，并借助 Moveit 定义了机械臂(Manipulator)控制器。给定控制命令后，通过实时解算麦轮运动学方程、桅杆运动学方程和机械臂末端执行器轨迹，并调用单关节控制器得到每一关节所需的力或者位置指令，后通过抽象硬件层 (Hardware_Interface::RobotHW)进行 joint2actuator 的转换。

抽象硬件层随后采用 CAN 总线通信协议与下层执行器通信。其主要提供 read()和 write()两个方法。write()方法将控制层传来的命令封装成 CAN 帧发送。read()方法解包下层执行器传来的状态信息，发送给控制层。

3.4 团队架构

表 3-20 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、测试与迭代；配合电控进行整车测试与改进。 | 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， | 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 |

| 职位 | 分类 | 角色 | 职责职能描述 | 招募方向/人员要求 |
|----|------|-------|---|--|
| | | | 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。 | 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、日常流水管理、物资出纳、采购、协调、汇总，负责实验室的日常管理。 | 熟悉学校财务报销流程；能制定并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。 |

3.5 团队招募计划

参照过去经验，我们在本赛季建立了较完善的招新流程，并已经按此流程完成了本赛季的招新。

由于同济大学情况特殊，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（主校区为四平路校区，两区交通不便），因此，过去（以及本赛季）的新队员主要在大二相关专业的同学中招募。缺失一年的战队培养，其优点是大二同学对于自己专业的认知已经初具雏形，能更快地接受新技术，但相比于从大一开始接触比赛，实际的备赛时间仍然是被缩短的。基于以上的原因，战队的招新应广泛地从相关专业的同学中筛选，使实力更强的同学进入队伍，才能保证队伍的研发进度与实力。

因此，我们将招新时间设定为从发布招新推送开始，延续到校内赛结束，整个流程按时间顺序为：

招新推送--->线下招新摆摊--->招新宣讲会--->培训--->校内赛

流程持续约两个月。

在招新渠道上，我们主要通过战队的公众号推文吸引新人，并请学院帮忙转发推文，同时私下请相关专业的同学转到专业班级群中。除此以外，我们也通过在线下招新摆摊发放传单、在校内张贴海报等途径进行招新。由于后两种是向校内同学无差别推送，不如招新推送有针对性。但线下摆摊气氛较为热烈，常常引人驻足围观，这也有利于 RoboMaster 赛事向不相关专业的群众宣传，提高其知名度。

在本赛季招新中，通过招新结束后的调查，我们统计了新人在各招新渠道的来源比例：

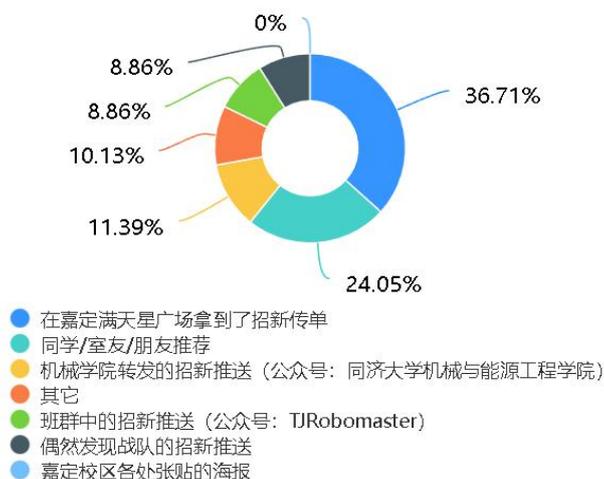


图 3-39 23 赛季招新渠道比例

可以发现线下摆摊招新及其后续的效应占了报名同学的大多数。从推送了解战队的同学反而不是很多，推送本身起到的作用更多的是提供战队的各类信息。当然，由于所有学生的报名途径都是微信推送，在之后赛季中，招新的工作重心应放在推送、传单制作和线下摆摊活动上。

除招募大二同学外，本赛季战队在四平路校区也开辟了分部：同济大学机器人协会（TJRobotics），以社团性质纳入学校管理。协会初心是联合校内各大与机器人相关的学生科创团体，加强技术交流，并且为各大机器人赛事在大一培养储备人才。目前，协会中包含同济大学 SuperPower 战队与 TJVEX 战队两大组织，由 SuperPower 战队与 VEX 管理人员共同管理协会事务。

协会的招新形式为跟随学校进行的百团大战。和自行拉车摆摊相比，由学校提供场地无疑省去了不少精力，并且由于四平路校区人数众多，虽然招新仅面向大一，但百团大战本身也是很好的对外推广的渠道。本赛季，协会通过百团大战、招新推送等方式招新共约 170 人，成果丰硕。



图 3-40 百团大战易拉宝

在之后的新赛季招新中，我们也将主要采取以上所述的形式，并对两校区招新的侧重有所调整。预期的招新（截止线下招新结束）人数为每个校区均<200人。

3.6 团队培训计划

3.6.1 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60%的新队员。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。

对于同济大学机器人协会所招募的大一新生，考虑其专业水平不及大二学生，并且不会在大一时成为队内主力，其培训流程可以较长。培训内容基本与对大二新队员的培训内容相同，但节奏放缓，计划花费1~1.5个学期的时间完成培训。

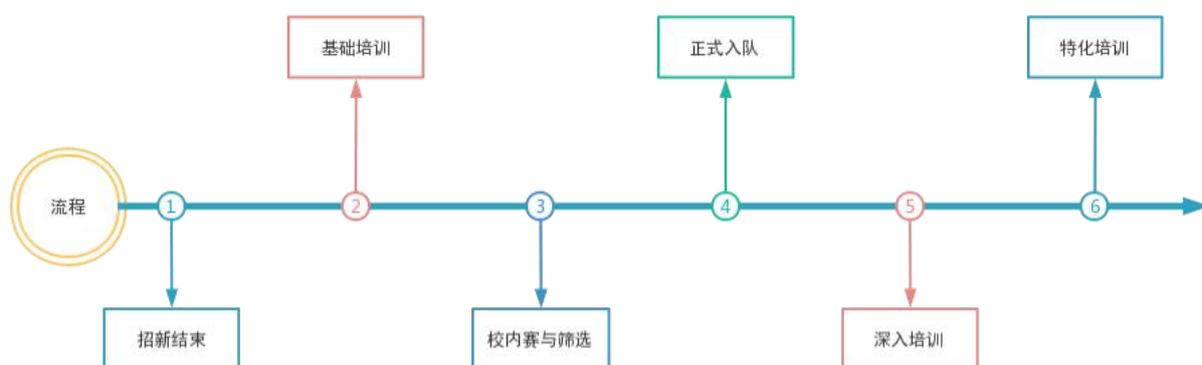


图 3-41 培训流程

3.6.2 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。

3.6.3 培训形式

在初期的招新环节结束后，以技术组形式进行线下培训，频率为每周 1~2 次，主要由技术组长分配组内能力优秀的老队员完成。在校内赛阶段开始后，将根据各组赛题各自确定校内赛期间的培训形式，如机械包含小组项目，即由 1~2 名老队员带领 3 名新队员完成校内赛；如电控与视觉均为单人项目，则每位老队员各自带 2~3 名新队员完成校内赛。

本赛季已完成的培训如下：

| 机械组培训安排 | | | | |
|-----------------|------------|-----------------------------------|-----|------------|
| 周 | 主题 | 内容 | 培训人 | 具体时间 |
| 第3周 (9.12-18) | 1、SW零件绘制讲解 | 软件安装，绘图规范、零件介绍，课上练习 | 姜洁尧 | 9.12 14:00 |
| | 2、SW装配操作讲解 | 装配体生成，配合关系选择、装配体整理规范、文件夹层级关系，课上练习 | 马珺琳 | |
| | 3、SW工程图绘制 | 基本视图、剖面图、向视图、尺寸与公差标注、课上练习 | 邱晨依 | |
| 第4周 (9.19-25) | 4、常用标准件介绍 | 常用标准件概述、使用方式简介 | 李嘉熙 | |
| | 5、常用标准件选型 | 标准件选型、采购，迈迪工具集插件使用 | 邱晨依 | |
| 第5周 (9.26-10.2) | 6、常用加工方法 | 常用加工方法及相应材料的特点、各材料对应零件的设计 | 山明扬 | |
| 第6周 (10.3-9) | 7、常用结构设计讲解 | 通用连接结构设计、常用传动方式 | 山明扬 | |
| 第7周 (10.10-16) | 8、装配规范 | 认识工具、使用规范及取用放置规范；实物装配/拆卸训练 | 韩子琪 | |
| | 9、装配实训 | | 何朋昆 | |
| 第8周 (10.17-23) | 10、常用元器件介绍 | 电机、电调、c板、滑环及其装配禁忌 裁判系统 | 潘元皓 | |

电控组培训计划：

| 培训内容 | 作业 | 主讲人 | 预计时长 | 暂定时间 |
|-------------------|------------|---------|------|-------------|
| 1.1 Keil软件的安装及使用 | 安装软件 | 刘天煜 | 30分钟 | 招新后周二下午3:00 |
| 1.2 硬件课 | 熟悉各项器材 | 徐逸飞 | 45分钟 | 招新后周二下午4:00 |
| 1.3 CUBMX软件的安装及使用 | 点亮LED灯 | 王丹妮 | 60分钟 | 招新后周二晚上7:00 |
| 1.4 嵌入式原理之---定时器 | 蜂鸣器发声及舵机控制 | 刘玉枫 | 60分钟 | 招新后周二晚上8:30 |
| 1.5 嵌入式原理之---中断 | 按键中断 | 于桩 | 45分钟 | 招新后周五晚上7:00 |
| 1.6 嵌入式原理之---串口通讯 | 用串口发送随机数据 | 刘熙宁 | 45分钟 | 招新后周五晚上8:00 |
| 1.7 控制原理之---PID控制 | 电机控制 | 杨久春 | 45分钟 | 第二周周二下午3:00 |
| 1.8 控制原理之---RTOS | 同时控制舵机和电机 | 吴天骋 | 60分钟 | 第二周周二下午4:00 |
| 1.9 控制原理之---遥控器控制 | 使用遥控器控制电机 | 黄宇轩 | 30分钟 | 第二周周二晚上7:00 |
| 校内赛安排 | 校内赛大作业 | 陈昊宇 | 1分钟 | 第二周周二晚上7:30 |
| 校内赛选拔后： | | | | |
| 2.0 GIT的安装及使用 | 无 | 陈昊宇 | 45分钟 | |
| 2.1 步兵英雄代码串讲 | 无 | 刘玉枫、刘天煜 | 60分钟 | |
| 2.2 工程代码串讲 | 无 | 吴天骋 | 30分钟 | |
| 2.3 哨兵代码串讲 | 无 | 杨久春、黄宇轩 | 60分钟 | |
| 2.4 场地机关（风车）代码串讲 | 无 | 王丹妮 | 30分钟 | |
| 2.5 飞镖代码串讲 | 无 | 于桩 | 30分钟 | |
| 2.6 裁判系统代码串讲 | 无 | 刘熙宁 | 45分钟 | |
| 2.7 自瞄及卡尔曼滤波串讲 | 无 | ? | 60分钟 | |
| 2.8 硬件及超级电容串讲 | 无 | 徐逸飞 | 60分钟 | |

| 校历教学周 | 课时数 | 主题 | 内容 | 培训人 | 作业内容 | 参考内容 |
|-------|---------------|--------|---|------|-------------|--|
| 第三周 | 9.13 19:00:00 | A楼 107 | 根据帮助文档提前安装虚拟机以及VScode IDE; 1.视觉是干什么的 1.讲解c/c++由代码生成可执行文件的过程、cmake的作用以及使用，现场编写helloworld，运行几个简单的cmake工程文件；提供cmakelists以及框架解释图。 2.安装opencv，在vscode下使用opencv，运行几个简单的视觉处理程序：包括但不限于二值化处理，图像分割，旋转矩阵计算； opencv基础图像处理（二值化和灰度图） | 于浩哲 | Cmake作业 | / |
| | | | | 第一课时 | 环境配置及视觉基础 | |
| 第四周 | 9.20 19:00:00 | A楼 107 | 1.图片的组成基础，BGR 2.导入OpenCV的库 3.如何导入图片Mat格式 4.循环、结构体简单介绍 5.如何遍历读取图片 6.色域调整RGB、边缘提取、图像二值化（初步处理） 7.寻找图片轮廓 8.对多张图片处理 | 曾富楠 | | 2020 RM 视觉第一次培训 |
| | | | | 第二课时 | opencv与图片处理 | |
| 第五周 | | | 给出一张图片及分类模板，如何准确分类 (1) KNN (2) 模板匹配 | 雷翔 | | 1_SuperPowerVisionGroupTraining1025 |
| 第六周 | | | 给出一张机器人灯条图片/能量机关图片，以机器人为例 (1) 根据颜色准确二值化 (2) 准确找到轮廓 (3) 准确筛选轮廓 (4) 准确找到灯条 (5) 准确配对灯条 (6) 能够准确框出装甲板位置 (7) 准确分类，给出装甲板上的数字 | 何瑞杰 | | 2020 RM 视觉第二次培训 灯条识别 RoboMaster视觉教程（4）装甲板识别算法 |
| 第七周 | | | 给出一段机器人视频或者能量机关视频，以机器人为例 (1) 根据颜色准确二值化 (2) 找到轮廓 (3) 筛选轮廓 (4) 找到灯条 (5) 配对灯条 (6) 框出装甲板位置 (7) 分类，给出装甲板上的数字 (8) 测出每一帧的处理时间 | 陆言 | | |
| 第八周 | | | Git使用和相机标定 | | | |

图 3-42 各组培训安排

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

4.2.1.1 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。

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。

3. 测试记录

对于各兵种的测试与维修记录，战队在飞书平台上设置了模板，每一次对于整车的测试、维修都要写明相关内容，以备后续查验，并及时发现问题。

4.2.1.2 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。

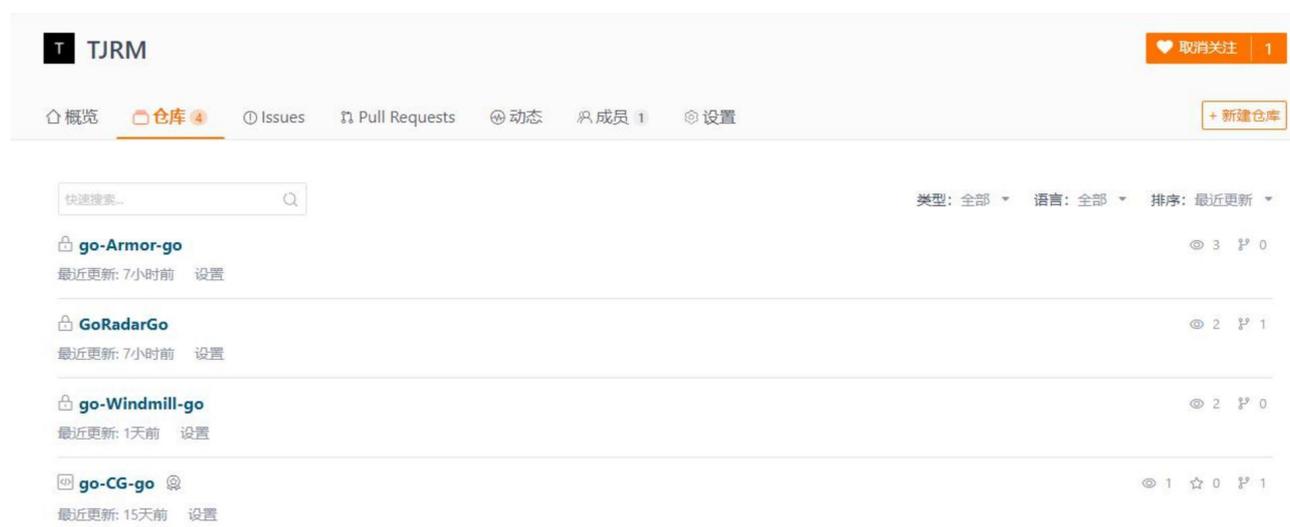


图 4-2 gitee 仓库

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。

4.2.1.3 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 站课程录播

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。

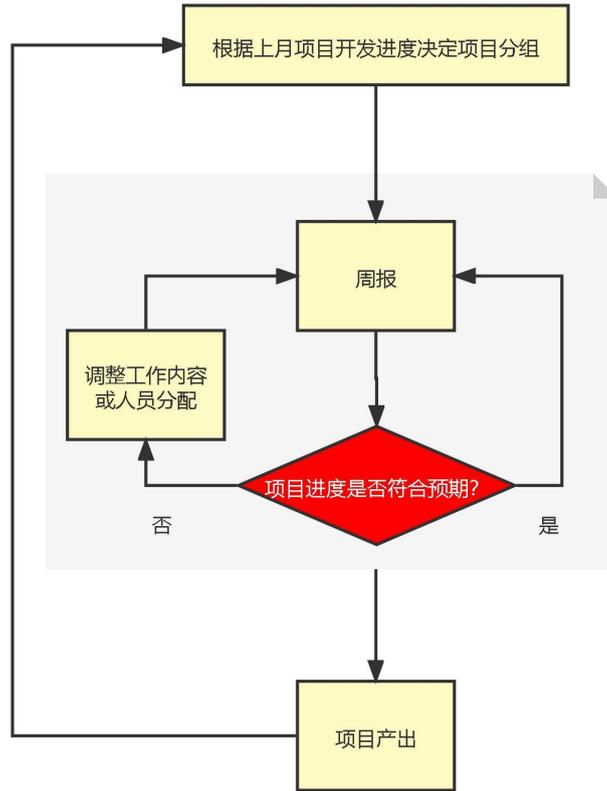


图 4-4 进度管理基本流程

| | 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 | 双向导轨的研究 | | 汇报第一阶段工作，制造样机并整理 | | | | | |
| 4 | 胡判 | 抬升机构方案 | 抬升机构 | 抬升机构方案完成 | 机构改造方案 | 迭代 | | | | |
| 5 | 胡锦华 | 考试周 | 读BIT抓取机构图纸，并对换向机构做了了解，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 | 罗子锐 | 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 | 李淼 | | 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 | | | | | |
| 10 | 李海杰 | | 透开源资料 | | 哨兵第一版总装配、调试 | 第二版样机设计 | | | | |
| 11 | 刘奕天 | | 透开源资料 | | 哨兵第一版总装配、调试 | 第二版样机设计 | | | | |
| 12 | 王博朗 | | 透开源资料 | | 哨兵第一版总装配、调试 | 第二版样机设计 | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | |
| 14 | 顾晨依 | 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 | 姜浩亮 | 英雄云平台 | | 云平台打印件测试&云平台出图 | 英雄云平台装配及测试 | 与电控进行发射机构测试 | | | |
| 16 | 及发射机 | 马瑞琳 | | | | | 弹链设计 | | | |
| 17 | 结构设计 | 韩子琪 | | | 英雄云平台装配 | 及发射机构，进行屈伸理论设计 | 协助测试 | | | |
| 18 | | 范淳仪 | 英雄底盘装配 | 协助进行测试 | | | 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 | 李佳敏 | | 赛鱼 | | 中供步兵云台的国产化 | | | | | |
| 22 | 步兵中供 | 翁志轩 | 云平台装配 | | 工控装配位置的优化 | | | | | |
| 23 | 弹及所有 | 刘思彤 | 弹仓装配 | | 中供步兵弹仓容量加大&弹仓盖 | | | | | |
| 24 | 步兵维护 | 蔡望柳 | 发射机构装配 | | 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/新步兵共用底盘部分模块建模 | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | |
| 28 | | 潘元皓 | 无动力飞镖建模 | 制作飞镖原型 | 与李希恒交流飞镖工作 | 飞镖结构调整 | | | | |
| 29 | 飞镖及发 | 李佳敏 | 阅读图纸 | | 为何朋昆讲解摩擦轮机构及设计要点 | 飞镖架制作 | | | | |
| 30 | 射架 | 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 | | 李希恒 | 考试周 | 考试周 | 交接飞镖工作 | 针对舵面微调进行技术验证 | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | |
| 33 | 全体 | 完成场地道具建模 | 迭代与实物制作 | | 场地测试 | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | |
| 35 | 场地道具 | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | |

图 4-5 任务分发及进度安排表格（样板）

| 所属 OKR | 任务名称 | 负责人 | 开始时间 | 结束时间 |
|------------|-----------------|-----|------------|------------|
| 工程总体设计 | 1 设计 | 山明扬 | 2021/11/01 | 2021/11/14 |
| | 2 设计 | 潘元皓 | 2021/11/01 | 2021/11/14 |
| | 3 设计 | 胡翔 | 2021/11/01 | 2021/11/14 |
| | 4 设计 | 胡翔华 | 2021/11/01 | 2021/11/14 |
| | 5 设计 | 罗子斌 | 2021/11/01 | 2021/11/14 |
| 哨兵 | 1 | 李森 | 2021/11/01 | 2021/11/07 |
| | 2 | 梁宇翔 | 2021/11/01 | 2021/11/07 |
| | 3 | 李耀熙 | 2021/11/01 | 2021/11/07 |
| | 4 | 刘笑天 | 2021/11/01 | 2021/11/07 |
| | 5 | 王博闻 | 2021/11/01 | 2021/11/07 |
| 英雄底盘及发射... | 1 完成底盘装配 | 原景依 | 2021/11/01 | 2021/11/07 |
| | 2 英雄云台出图 | yyd | 2021/11/01 | 2021/11/07 |
| | 3 英雄底盘装配 | 马若琳 | 2021/11/01 | 2021/11/07 |
| | 4 英雄底盘装配 | 韩子琪 | 2021/11/01 | 2021/11/07 |
| | 5 英雄底盘装配 | yyd | 2021/11/01 | 2021/11/07 |
| 步兵中弹及所... | 1 中弹步兵云台板件镂空... | 张露龙 | 2021/11/01 | 2021/11/07 |
| | 2 | 李佳峻 | 2021/11/01 | 2021/11/07 |
| | 3 | 高志轩 | 2021/11/01 | 2021/11/07 |

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

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

4.5 筹集资金计划及成本控制方案

4.5.1 成本管理

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。该部分按要求执行良好。

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。

该部分在实际操作过程中，效果不佳。第一，队伍的项目管理主要围绕组会开展，通过预算来管理属于职能重合。第二，多数技术组有周期性购买的习惯，比如机械组的机加工件往往会包含多个兵种和项目的零件，如果要将这一部分的花销分门别类纳入统计，则效益会比较低。第三，实际上各项目组超支情况较少，主要的超支还是在集中购买的耗材上。因此高频率的检查是非必要的。

拟重新明确预算审核的目的、并优化预算审核的具体实施手段。预算的主要目的仍是保证队内流水正常，对于进度的监视仅应作为其附带效果。其实施措施具体描述为：各项目组提交预算表交至管理组集中审核，由管理组给出修改意见，修改完成后各组按此表进行采购及研。在实际统计时，则按项目类别进行检查，若某项开支即将超支，再反查至项目组。这

一流程实施起来工作量较少，且也更着重于预算审核这一主要目的上。

4.5.2 资金筹集计划

本赛季初的资金较为充足，但由于学校财务结算至 2022 年底止，2023 年的资金需要重新计算，根据队内的预算情况，可能会有部分资金不足的情况。同时，考虑到需要加大队伍研发投入，更多的资金也意味着可以更好地支持队内的技术研发。

除学校固定给队伍的资金外，在资金筹集上，队内主要以开发横向项目为主，并且通过申报学校的创新创业训练项目（SITP）来筹集资金，其中上海市级与国家级的创新创业训练项目能拿到较多的资金支持。从过去的经验看，战队每年通过申报横向项目所能拿到的资金在 4~6 万左右。本赛季计划申报 6~7 个横向项目，预计获得资金 5 万左右。

此外，本赛季战队与德西福格汽车零部件集团达成了赞助合作，预计在 2023 年可以获得约 4 万的资金赞助。战队在 2023 年也计划积极进行招商工作。

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。

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。

5.1.4 社团活动

- 1) 负责同济大学机器人协会宣传事务的管理，包括活动通知、周边制作、推送制作等
- 2) 安排协会内部的各项活动，组织协会的机器人战队之间的技术交流。
- 3) 在每年的百团大战与技术展示活动中制作宣传品，包括海报、易拉宝等。

5.1.5 宣传时间轴

表 5-1 宣传时间轴

| 时间节点 | 月份 | 负责人 | 事件 | TO-DO（不超过 3 个） | 备注 |
|--------------|-----------------------|------|------|-------------------------|----|
| 招新期 | 2022/09/09 | 宣传经理 | 招新 | 招新宣讲会，招新推送、招新海报等 | |
| 招新期 | 2022/11/05 | 宣传经理 | 破冰活动 | 破冰活动，破冰活动推送 | |
| 备赛期 | 2022/12 | 宣传经理 | 队服 | 队服制作 | |
| 备赛期 | 2022/12/31 | 宣传经理 | 跨年 | 跨年活动与相关推送 | |
| 备赛期 | 2023/01/07~2023/01/13 | 宣传经理 | 寒假团建 | 寒假团建活动与相关推送 | |
| 备赛期， 寒假 | 2023/02 | 宣传经理 | 日常推送 | 技术科普推送，新年海报 | |
| 备赛期 - 参赛期 | 2023/03 | 宣传经理 | 日常推送 | 技术科普推送、联盟赛预热、战队附属社团技术沙龙 | |
| 参赛期 | 2023/04 | 宣传经理 | 联盟赛 | 联盟赛赛况推送（每日更新） | |
| 参赛期 | 2023/05 | 宣传经理 | 分区赛 | 战队日记、分区赛预热 | |
| 参赛期 | 2023/06 | 宣传经理 | 分区赛 | 分区赛赛况推送（每日更新） | |

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

招商内容



| 序号 | 内容类别 | 席位数 |
|----|----------|-----|
| 1 | 战队冠名赞助商 | 一席 |
| 2 | 战队品牌合作伙伴 | 若干席 |

| 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 |

赞助商权益



| 序号 | 赛队冠名赞助商权益（赞助费≥20万） |
|----|---|
| 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 | 在双方协商的情况下，可以获得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 |

赞助商权益



| 赛队品牌合作伙伴权益（赞助费≥5万） | |
|--------------------|---|
| 1 | 品牌合作伙伴的logo、产品名称及图案可在战队的战车、战队服装规定位置中出现 |
| 2 | 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。 |
| 3 | 同济大学Super Power机器人战队微博、微信公众号的广告位置可宣传赞助商，加深广大民众对贵公司的印象 |
| 4 | 在机器人实验室举办的部分活动中，赞助商横幅可以挂在会场内 |
| 5 | 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 |
| 6 | 在双方协商的情况下，可以获得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） |

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)



(3) 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)。

(4) 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)。

图 5-1 赞助商权益

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，以进入全国赛为主要目标，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 | 程序框架：PCB 原 理图；算法数学模 | 算法 demo | 方案设计书 |

| 生命周期 | 执行内容 | | | 输出内容 |
|------|---------------------------------|---------------------|-------------------|----------|
| | 机械 | 电控 | 视觉 | |
| | 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) | 型；模拟仿真结果 | | |
| 审核 | 基于三维模型提出修改意见或确定方案 | 进行实际测试，给出审核意见 | 根据线下测试结果，给出审核意见 | 修改意见 |
| 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 | 整合各部分代码， | 整合各部分代码并 | 整车模型与技术报 |

| 生命周期 | 执行内容 | | | 输出内容 |
|---------|----------------------------|--------------------------|-------------------|---------|
| | 机械 | 电控 | 视觉 | |
| | 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 | 完成整车程序，给出代码及技术报告 | 给出技术报告 | 告 |
| 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+财务总管 |

| 生命周期 | 队员类型 | 队员 |
|---------|------|-----------------|
| 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） |
| 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 |

| 评审类别 | 评审内容 | 输出结果 |
|------|------|----------|
| 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

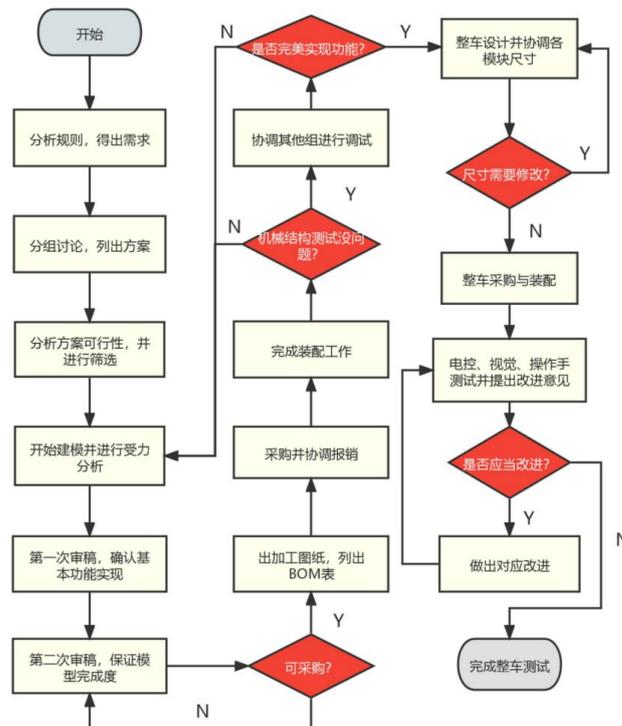


图 6-1 机械组进度追踪流程

2. 电控组进度追踪

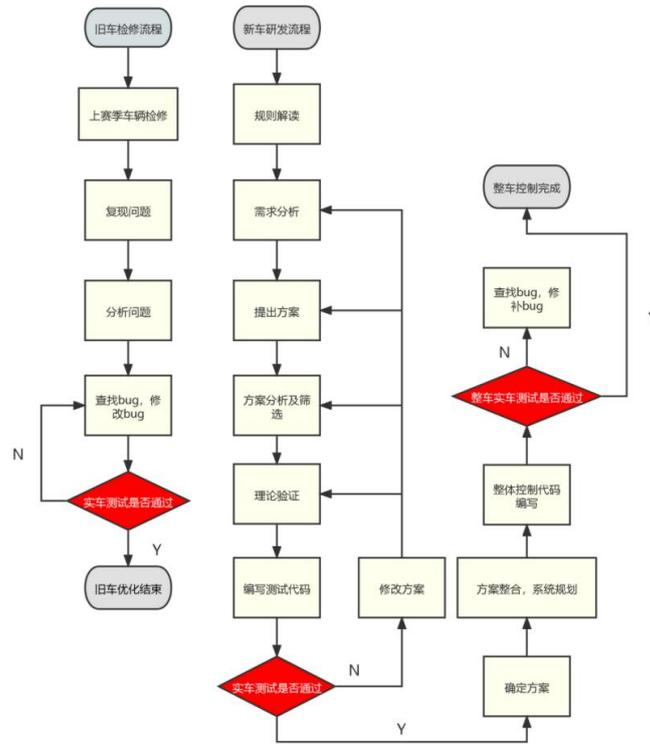


图 6-2 电控组进度追踪流程

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 | 方案确定后每周检查执行进度和测试效果 |

| 生命周期 | 进度追踪 | |
|---------|---|--------------|
| | 机械组 | 电控组 |
| | 节点进行审核 | |
| 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 | |

| | | | |
|------|------------------------|--------|----------|
| 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 and 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

本赛季与上赛季相同，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。

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。

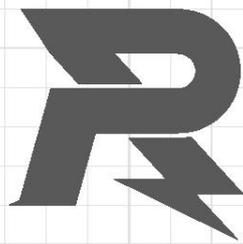
4) 3D 打印件导出模型后经软件处理可导入打印机打印；

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。



邮箱: 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