



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 P18 Brushless DC Gear Motor and C820 Brushless DC Motor Speed Controller, this 4.5mm Assembly Kit includes an inner shell and a terminal board.

RoboMaster System Specification Manual, RoboMaster System User Manual, introductions of RoboMaster System Manual

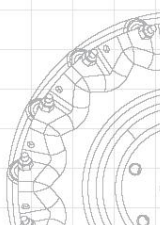
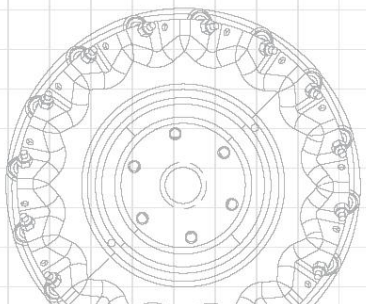
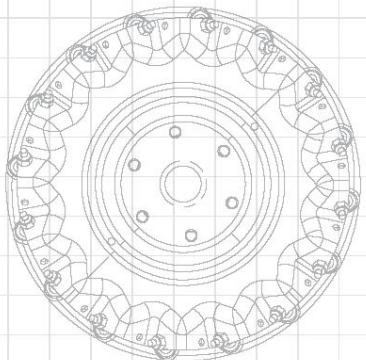
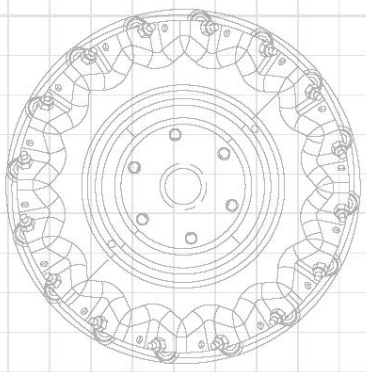
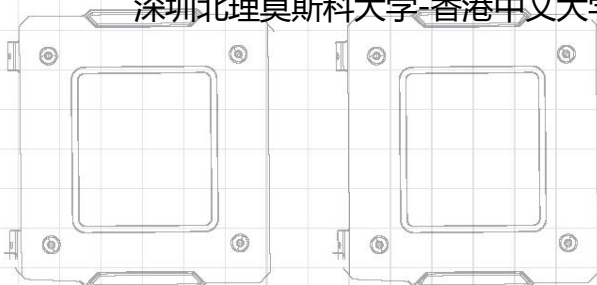
The M820S Assembly Kit includes an inner shell and a terminal board, ensuring a complete assembly system when in four independent motors.

ROBOMASTER 2024 机甲大师超级对抗赛

赛季规划

深圳北理莫斯科大学-香港中文大学（深圳） 北极战队 编制

2023 年 12 月 发布



1. 团队目标	5
1.1 团队情况分析.....	5
1.2 目标细则.....	5
1.2.1 赛事目标.....	5
1.2.2 研发目标.....	5
1.2.3 管理目标.....	6
1.2.4 目标跟踪.....	7
2. 项目分析	8
2.1 规则方向性解读.....	8
2.2 研发项目规划.....	9
2.2.1 英雄机器人.....	9
2.2.2 工程机器人.....	14
2.2.3 步兵机器人.....	27
2.2.4 平衡步兵机器人.....	32
2.2.5 哨兵机器人.....	39
2.2.6 空中机器人.....	47
2.2.7 飞镖系统.....	53
2.2.8 雷达.....	58
2.2.9 人机交互.....	61
2.3 技术储备规划.....	63
2.3.1 机械.....	63
2.3.2 电控.....	64
2.3.3 视觉.....	66
3. 团队架构	70
3.1 组织结构.....	70
3.2 岗位职责和要求.....	71
3.3 团队招募计划.....	76
3.3.1 目标人员分析.....	76
3.4 团队培训计划.....	77
3.4.1 机械组.....	77
3.4.2 电控组.....	78
3.4.3 算法组.....	80
3.4.4 操作手组.....	81
4. 基础建设	83
4.1 上赛季总结.....	83
4.1.1 资金使用情况.....	83
4.1.2 资金控制改进方向.....	83

4.1.3 风险分析及解决办法	85
4.2 资源分析	86
4.2.1 资金资源	86
4.2.2 物资资源	86
4.2.3 加工资源	90
5. 宣传及商业计划	91
5.1 宣传计划	91
5.1.1 宣传指标	92
5.1.2 宣发内容	92
5.1.3 宣传日程	94
5.2 商业计划	95
5.2.1 招商对象	95
5.2.2 招商方案	95

1. 团队目标

1.1 团队情况分析

北极战队是一支依托于 Robomaster 机甲大师高校对抗赛（RMU）而创立的大学生创新实践团队，由深圳北理莫斯科大学和香港中文大学（深圳）联合组成，这是成立以来第一年参加超级对抗赛。而在此之前，也仅仅参加过一次高校联盟赛和一次线上赛，作为一支刚刚起步不久的战队，一腔热血是我们的优势。在一年的实践中，我们认为我们有机会突破自己，并且又得到了港中深学校的支持，因此在这一赛季中我们决定不满足于联盟赛而是一并参加超级对抗赛。

战队现作为校级大学生创新实践基地，今年拥有来自两校的联合资金 40 万元。战队在两校均有不止一个办公区域和组装基地，总面积超过 300 平方，并且港中深有几年前超级对抗赛场地可供参考和调试车辆。

战队现常态拥有成员超过 40 人，核心成员 16 人。其中大三成员 8 名，大二成员 13 名，大一成员 21 名。与其他大部分队伍相比，我队的平均年龄更年轻，起步更早，有更久在 rm 中沉淀的机会，有较强研发能力，缺点是没有传承，技术沉淀比较少。

战队现拥有机械、电控、视觉、运营四大组，同时亦划分为英雄、工程、步兵、平衡步兵、哨兵、空中（包括空中机器人和飞镖机器人）六大车组。自上赛季战队重建管理制度起，现队伍已拥有基本完善的管理制度，包括进度管理制度、财务报销制度、招新制度、等。

在技术积累方面，战队主要以视觉和算法见长，由于许多队员同时也在实验室做科研，理论模型和部署能力较强，刚刚开源的 ros2 导航和小米电机版平步也被许多强队咨询验证。

1.2 目标细则

1.2.1 赛事目标

对高校联盟赛的目标：今年在哨兵和自瞄上的突破，结合我们已经较成熟的步兵，相信能突破小组赛，拿到非甲级的一等奖。

对超级对抗赛的目标：作为第一次参加的新队伍，能够参加线下赛，并保证所有的兵种都能够正常运行。如果完成度较高，希望可以突破区域赛参加复活赛或全国赛。

1.2.2 研发目标

机械方面，本赛季核心突破点主要包括轮腿平衡步兵和机械臂工程两项。其中轮腿平衡向 22 赛季优秀开源看齐，并作改进和优化；机械臂的设计与研发将由机械设计经验丰富的两名机械组老队员担任，以求最大的研发效率和可行性。

电控方面，队伍的重点是补齐上赛季的短板和缺漏。其中包括真正闭环的功率控制和超级电容方案，这两部分因为开发难度和经验上的考虑主要是基于开源对我们的机器人做一个适配和适应性创新；在上赛季基础上优化底盘和云台的控制逻辑以及 U I 设计，优化操作体验和效率；针对新构型机器人的控制开发，比如新底盘的控制和工程机器人的取矿控制。

视觉方面，和电控类似也是要补齐自上赛季比赛出现的短板。首先是应用新的自瞄框架，力求成熟稳定；哨兵导航定位部分，实现全图定位导航，并力求在实车稳定运行，针对各种定位丢失问题做出预案；在哨兵决策部分以自动步兵开发的思路来进行设计；雷达部分经验较少，前期以积累经验为主。

1.2.3 管理目标

去年由于人数较少，并无出现很多管理上的问题，而今年的人数较去年翻了一倍，在这种情况下，我们及时学习了飞书，flowus 这类现代化管理工具，并使用多维文档做物资统计，采购制度等等。目前的信息聚合做的一般，flowus，飞书，gitee 之间的信息没有完全同步，也没有做一个更直接能够拉齐信息的方案。我们认为今年的目标是培养 100%队员写项目文档以及每周准时都要填写周报的习惯。

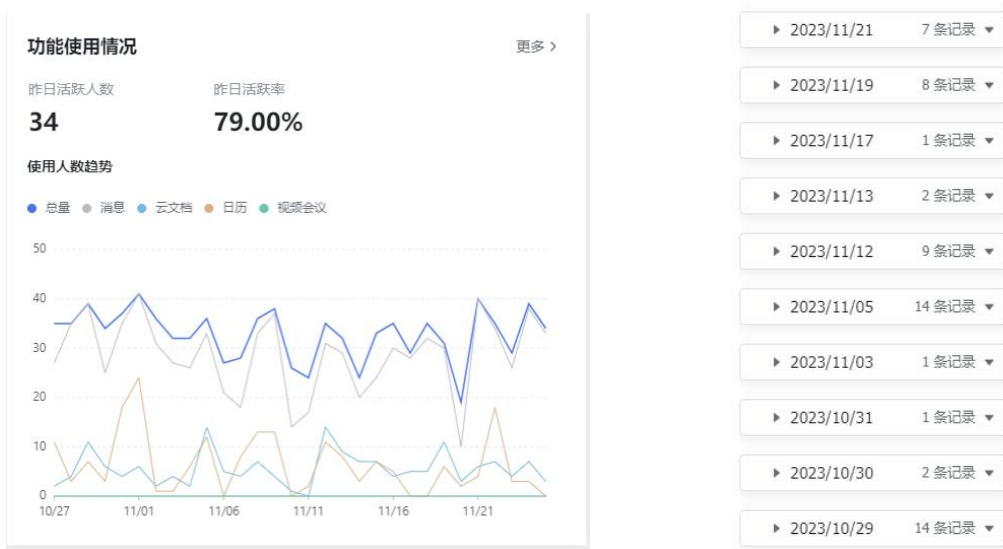


图 1 飞书使用情况和周报填写情况

云文档的使用基本都是填周报，周报填写率没超过 50%。

在战队规章制度方面，将继承上赛季的规章制度并加以完善和落实，尤其是财务报销制度等重要制度。另外本赛季希望新增项目组制度和奖励以提高队员的积极性和团队归属感。并且希望建立起一套能用最少运营人数（预计专门运营不超过 2 个）系统化管理 50 人团队的管理方案。

在成果转化方面，战队已积累了一些具有理论实践价值的研究，预计在 24 赛季可以发表 2 篇论文，另外在创新创业比赛也有不错的转化率，人均获奖能到达 1 个奖项。

1.2.4 目标跟踪

在进度控制方面，本赛季战队计划引入飞书作为新的管理工具，但不使用 okr 作为管理手段，原因是飞书 okr 使用需要比较强的上下级关系，跳出上下级关系就没法直接在关系图中看到，我们使用的多维文档填写周报来让所有人都能知道大家每周都在干什么。队长也可以用这个去把控进度。更长期的项目规划也使用了多维文档。用一种更简单的方式来统计项目，上手更简单，队员更容易接受。

2. 项目分析

对上赛季分析：

（一）问题和挑战：

时间管理不足：上赛季我们在项目执行过程中面临时间压力，对项目难度和队员实力认知不足，导致时间安排不合理。在新赛季，我们需要更加合理地安排项目进度，制定合理的计划安排。

人员流动：部分大二队员会因为学校的交换制度无法继续完成队里的任务，导致队伍人力资源流失。

沟通不畅：各组之间在上赛季缺乏有效和定期的沟通机制，总体进度都只是各组组长和项目管理进行把控，各组成员对整体情况了解确实比较严重。

（二）成功因素：

团队协作：上赛季团队规模比较小，各组负责人日常交流也比较密切，可以再短时间内完成项目内容对接和短期规划，对于计划的落实情况也比较好把控。这种直接、垂直的管理框架有着以上好处，但是随着人员的增加也会给各负责人比较大的管理压力。

技术选型和创新：在风险比较大且没有经验的领域，我们会优先选择比较成熟和参考资料比较多的方向来进行第一代开发，确保完成度和功能的下限，在有余力迭代的情况下在选择创新技术的开发和预研。在成熟保守和创新之间比较好的平衡，同时也选择“性价比”更高的方向。

（三）可落地的经验总结：

1. 制定符合团队技术实力的项目计划和切实可行的短长期目标
2. 加强团队的交流和沟通，定期开展全体大会，丰富信息交流和补齐信息差的机制，建立有效的沟通机制。

2.1 规则方向性解读

2024 赛季相比 2023 赛季改动内容较多，以下将按我们认为的重要性等级由高到低依序解读部分重要的方向性变化；针对具体兵种的规则分析详见第 3.2 节中各兵种规则分析

（一）哨兵削弱与经验体系重做

新的赛季中，经验体系得到了完全的重做，最大等级提升至 10 级，各等级间性能变化更加平滑，哨兵的性能进行了削弱，但其对于其它机器人的初始状态仍具有强大的压制力。当然，哨兵机器人的复活机制也使其得到了另一方面的增强，更高的生存能力无疑为防守或者进攻都提供了更多的容错与可能。在这样条件下，即使在较激烈的交火下，比赛仍更有可能进行至后期，短暂的优势或许并不能决定胜负，队伍需要尽可能获取经验值积累优势。

综上，我们认为哨兵依然具有强大的压制力，并且可以为队伍创造极其宝贵的进攻机会。但是，在新的等级体系下，比赛的后期步兵机器人也将具有与哨兵机器人相同的属性，这意味着在前期获取优势格外重要。

（二）飞镖机制改动

新赛季中飞镖增添了打击基地随机装甲板的选项，如果命中则额外造成 200 点伤害且造成额外 5 秒操作手界面遮挡效果。尽管其伤害并未提高太多，但新赛季飞镖的命中会额外提供全队经验值，倘若能够利用好这部分经验值则能为己方队伍提供极大的优势。

2.2 研发项目规划

2.2.1 英雄机器人

2.2.1.1 规则分析

与 2023 赛季相比，2024 赛季主要有以下改动与英雄机器人有关：

- (1) 远程兑换弹药/血量价格下降。
- (2) 经验体系大幅改动，进攻的收益提高。
- (3) 部分场地改动，新增了隧道地形。
- (4) 飞坡与前哨站增益改动，现在根据剩余时间可获得最高 5 倍热量的增益

对英雄而言变化较大。本赛季的经验体系改动相当于将弹速优先与爆发有限结合起来，默认即拥有 16m/s 的弹速上限。尽管满级的情况下看似比以往要有更加强大数值，但总共 10 级的等级机制与大量的经验需求势必会使比赛节奏放缓。

这意味着，作为一支首次参与超级对抗赛的队伍，即使面对较强的队伍我们也有很大的可能将对局进行至后期，并且在后期大量的加成下扭转局面。

隧道的增加的确为对局带来了更多可能性，但在初步讨论与验证后，我们认为英雄的尺寸太难适配隧道，另一方面，在隧道内无法转向移动，容易成为活靶子，所以放弃了通过隧道的想法。

另一方面，作为一支缺乏支持的新队伍，我们还需要在尽可能实现想法的基础上控制成本，所以我们提出了一个方案：

以精准吊射为主要指标，具备快速机动、飞坡、快速连射功能的英雄机器人

在对局的前期阶段，吊射不仅是安全的输出手段，狙击点的吊射还能提供一定经济返还与宝贵的经验值奖励，因此精准的吊射在前期就能取得极大的优势。

而本赛季新增的随时间变化的增益也为激进的打法提供了更多可能，如果在对局后期飞坡，获得 5 倍热量上限的英雄完全可以凭借同时获取的防御增益增益，在敌方基地前抵近射击，在短时间内造成大量伤害。

综合以上两点，我们决定设计一台能够精准吊射，同时具有较强机动性的英雄。

2.2.1.2 功能需求分析

功能	需求分析	设计思路
机动性及通过性	应具有较高的直线速度，尺寸小。对于尺寸，尤其减小宽度、适当降低高度。全车重心应当尽可能靠近中心，质量较轻。	优化保险杠及车架结构，取消行架的设计，缩减宽度。采用中心供弹，尽可能保持重心。增加连杆实现自适应悬挂，提高通过性。
装配便利性	全车装配难度应当较低，可以在较短时间内由不同人员完成装配。关键节点具有合适的快拆结构。对于部分结构，需要设计合理的定位孔位。	减少铝方管数量，在铝方管内设计定位孔。优化轮组结构，减少零件数量与装配难度。优化部分裁判系统位置。在云台与地盘各设单独的理线区域并配合快拆机构。
良好的射界	仰角要达到最远射角 $45^\circ \pm 5^\circ$ ，俯角需能瞄准贴近己方车体的其他机器人。Pitch 与 Yaw 轴响应要快。	优化 Yaw 轴连接部分，使其转动更加丝滑，使用丝杆驱动 Pitch，避免了电机过载等问题。
弹道稳定与连续射击	不会超射速及明显掉速，弹速波动 $\pm 0.2\text{m/s}$ 左右；吊射基地平均 5 发内命中；在弹速大于 10m/s 的要求下可以连续射击 15 发弹丸	云台 PID 控制加入前馈，测试并取得摩擦轮合理间隙的相关数据；优化枪管，使其在限位的同时完成弹丸定心
优化功率方案	在不超功率限制的前提下，通过对软硬件两方面的精准控制，实现对能量的最大化利用。	优化软件功率控制，尝试不同限功率方案，寻找最优解算法，合理限制底盘行为。
自动瞄准	1~5 米范围内稳定识别敌方装甲板并跟随预测，命中率 75%以上，以具备良好的	使用深度学习方案进行识别，利用基于卡尔曼滤波器的预测算法进行预测。

	对地面单位进行输出的能力。	
反前哨站	能够在 5~8 米对旋转装甲板进行稳定识别和打击，并能适应不同前哨站转速，命中率达到 75%以上。	使用数学建模和卡尔曼滤波器两套方案进行前哨站运动建模。
精准狙击	能够在英雄狙击点稳定识别前哨站或基地引导灯并精准测距，定点吊射命中率 50%以上。	使用长焦相机和传统识别方案识别引导灯，锁定底盘进行稳定击打。

2.2.1.3 改进方向

组别	改进对象	改进内容
机械	悬挂	改进悬挂，采用避震器代替拉簧，增加连杆实现自适应悬挂。
	车架	减少铝方管数量，全车架仅采用两根横铝方管。
	Yaw 轴	优化装配难度，增加检修视窗方便观察电机情况。
	云台	顶盖改进了快拆设计，安装了 MINIPC 和摄像头。
	Pitch 轴	采用丝杆作为 Pitch 驱动方案。
	供弹	使用中心供弹代替下供弹。
	轮系	改进轮毂电机结构，减少零件数量，减小装配难度。
	外壳	美化外观，增加对关键节点的保护结构，减轻外壳重量。
电控	底盘功率	采用最优解功率控制方案，合理限制底盘行为，保证车的稳定性和高机动性、爆发性。
	滑环优化	选择新滑环，适当降低云台高度。
	PID 算法优化	优化 Pitch 轴 Yaw 轴的 PID 控制，减小静态误差，减少系统复杂度，尽可能发挥机器人的最大性能。
	UI	新增 UI 界面，增加扣血检测提示，摩擦轮提示，卡弹提示，机器人当前状态提示，优化操作手与机器人的人机交互，使操作手更易于对机器人进行

		控制。
视觉	自动瞄准	通过头顶单目相机运行神经网络识别算法侦测全部可见的敌方装甲板并获得装甲板颜色标号和大小；利用基于卡尔曼滤波器的运动建模算法对目标运动状态进行建模，预测目标位置并解算击打点；视觉PID根据目标击打位置解算云台速度，通过U转CAN设备与电控通信控制云台。
	反前哨站	通过神经网络识别算法，识别敌方前哨站旋转装甲板并通过数学建模或卡尔曼滤波器解算前哨站装甲板运动状态，自动判断前哨站转速，根据前哨站运动状态选择击打时机并进行坐标解算，发送目标云台位姿。
	精准狙击	通过长焦相机运用传统识别发现敌方前哨站或基地引导灯，锁定底盘并发送目标云台位姿；运行操作手狙击模式按键微调云台位置。

2.2.1.4 研发进度安排

项目	物资需求	人力评估	人员技能要求	耗时评估
底盘	3508 电机*4、板材、标准件、机加工件、小米 CyberGear 关节电机*1。	机械 1 人 电控 1 人	设计底盘结构与中心供弹结构，完成底盘装配；学习底盘电路，连接并检查线路，学习底盘控制算法、修复代码问题。	4 周
云台	6020 电机、丝杆、3508 电机、标准件、板材、3D 打印件、机加工件。	机械 1 人 电控 1 人 视觉 1 人	设计云台结构并完成装配；学习云台硬件电路，完成云台的 PID 前馈优化，尝试选择最佳相机安装位置。	4 周
发射机构	3508 电机*2、弹簧、3D 打印件、标准件、板材、机加工件。	机械 1 人 电控 2 人	摩擦轮间距优化、弹丸定心与限位、供弹链路设计、防空弹逻辑编写、防卡弹逻辑编写，射速稳定改善。	整赛季

自动识别	miniPC，高帧率工业相机，可供调试的完整机器人、短焦镜头等。	视觉 1 人 电控 1 人	完成神经网络识别算法的优化、研发稳定基本版本反前哨站算法、优化反前哨站算法，迭代反陀螺算法、各模块功能进行压力测试，寻找潜在问题并解决。	整赛季
------	----------------------------------	------------------	--	-----

2.2.1.5 资源需求分析

(一) 场地需求

场地	用处
13° 坡、15° 坡、盲道、飞坡场地。	测试通过性和机动性。
带有旋转装甲板的支架	测试击打前哨站。
带有顶部装甲的支架	模拟远程吊射基地。

(二) 物资需求

设备	用处
3D 打印机	打印制作枪管、预制等来验证方案的可行性。
小米电机、3508 电机、6020 电机	云台Yaw，Pitch，拨弹盘，摩擦轮，底盘电机。
装甲板等裁判系统	模拟进攻，实战测试。
靶车	测试自瞄和反陀螺。
42mm 弹丸	英雄机器人弹丸散布测试。
电磁铁、线圈、电容等	预制新方案设计验证。
测速仪	检测弹速（在没有裁判系统的情况下）

2.2.1.6 人力资源分析

英雄机器人作为对建筑的主要输出手段，不论在超级对抗赛还高校联盟赛中均占据重要地位。又因其体积、重量较大，结构较复杂，具有较大难度。本赛季作为本队第一次参加超级对抗赛，需要应对可能出现的问题做好预案，对上赛季的结构进行优化，同时也要尽可能的控制成本、研发与探索新技术、培养新队员，为后续赛季打下基础。

（一）机械组

机械结构设计；对结构进行合理性检验；填写采购申请并完成组装；对机器人进行日常维护；配合电控组进行调试；对现有机器人进行迭代升级。

（二）电控组

探索并引进新技术，思考技术突破点，英雄机器人日常维护及功率控制方案设计。设计并焊接电路板，修理部分主控板以及设计功率板，维护调整整车代码，优化PID参数。

（三）视觉组

应用新的视觉识别框架，针对前哨站进行适配和优化，减少识别误差，提高反前哨站效率；应用状态估计器，对旋转前哨站装甲板进行更高效的输出；优化英雄机器人的单发和连射爆发切换逻辑，对热量控制机制进行更合理的调制，提高操作手的手感；对狙击吊射的视觉辅助功能进行开发和测试，提高对基地吊射的准确性；维护并审核英雄仓库主分支代码。

2.2.2 工程机器人

2.2.2.1 规则分析

相较于 2023 赛季，2024 赛季中工程相关规则的主要变化如下：

- （1）大资源岛落矿机制取消，改为狭长的半封闭式通道，同时金矿预先放置于通道内
- （2）现在仅在开局一分钟（即倒计时 06:59-05:59）在大资源岛增益点有防御增益。
- （3）兑换站兑矿的最高实际难度增加，同时矿石所获金币值与兑矿速度成正比。
- （4）取消了首个金矿的额外奖励，提升了金矿的基础价值

在有关经济体系的相关改动中，多出一个消耗经济的单位：哨兵可以兑换发弹量，且哨兵可以消耗金币复活以及发送指令。远程兑换发弹量和血量所需金币数减少，和立即复活所需金币数减少，使得在有充足预装弹的前期对抗中，经济消耗会大幅增加，这些改动把经济

变为了影响比赛的重要因素之一，这就向团队的经济主要获取者——工程机器人，在取矿、兑换功能的稳定性方面提出较高要求。另外，取消了兑换首个金矿石的额外奖励，但将每个金矿石的兑换金币数增加一百，金矿石在比赛中对经济的影响的作用将会更加明显，双方将会在比赛期间针对金矿石展开激烈的持续争夺而非只专注于争夺首个金矿，使得工程机器人取矿、兑矿速度至关重要。

在矿石获取方面，落矿机制的取消使得工程机器人不再需要空接抢夺金矿，金矿在开局被全部预置在大资源岛通道中，使得开局对于首个金矿的争夺降低，在一方率先到达中心大资源岛的情况下，另一方的工程机器人可以选择拿取与敌方不同的金矿，这也减小了首金在前期拉开的经济差距。同时在开局一分钟内的 75%防御加成下，敌方对于开局在中心资源岛取矿的干扰大大减少，使得开局拿金矿的优先级大大提升。

在矿石兑换方面，本赛季最大的改变就是兑矿速度与获得的金币数量成正相关，同时提升了最高难度兑换的实际难度，这对工程机器人兑矿的稳定性和速度都提出了较高的要求。在兑换区占领后，工程机器人将处于无敌状态，在工程机器人发挥稳定的情况下，减少了对手机器人对我方经济的干扰，使得工程机器人的竞赛目标是与对方工程机器人比拼获取经济的能力，而非应对其他机器人。

在救援方面，尽管可以通过金币买活，但是哨兵初始弹量的减少和其复活的引入，使得经济更加捉襟见肘，在运矿之余，可以将靠近补给点的机器人运回，4 倍加速复活的同时加快战斗力的回复时间，为后期的复活预留金币，所以救援机构仍需保留。

总之，新赛季中工程机器人的核心工作仍是获取大量经济。一台性能优秀，取矿和高等级兑换都快速，稳定的工程机器人能带给队伍巨大的作战优势和更高的容错率；而功能相对一般的工程机器人，也能通过兑换低等级矿石来保证经济收益，以此来保证队伍的基本发弹量需求。但要想充分发挥工程机器人的价值，多自由度的取矿、兑换尤为重要。此外，上赛季后期，各队的工程大多都出现问题，使得经济大幅落后，以至于后期无力反击，本赛季由于经济的重要性再度升级，对于工程的稳定性和维护的便利性提出了更高的要求。

有关经济体系的相关改动中，增加了经济的使用途径：可以利用经济来多次呼叫空中支援，可远程购买弹丸发射次数，可直接通过经济换取机器人血量，甚至原地快速复活。此外，经济的获取途径也有所改动，移除了上赛季末的攻击前哨站旋转装甲的经济加成，增加了银矿石的数量。这些改动都使得经济成为影响比赛走势的重要因素之一，而团队经济的主要获取者——工程机器人，其取矿、兑换功能的稳定性更是至关重要。另外，由于新增了兑换首个金矿石的额外奖励，比赛双方对于第一个金矿石的争夺将变得更加关键，这也对工程机器人的空接能力、自动对位能力提出了更高的要求。

矿石获取方面，更改了金矿石掉落的顺序，第一批将只掉落一个金矿石，这将使得工程机器人之间的空接较量更加激烈。1、3、5号矿石的最终落入资源岛槽中时将呈现为随机姿态，这使得吸盘的对位更加困难，同时也使得以机械臂为核心的执行机构获得更大的优势。另外银矿石数量的增加一定程度上保证了经济的获取，从而使得绝对经济压制的局面更少发生。

兑换方面，是本赛季最大的改动之一。兑换时工程机器人底盘将断电，机器人需要有更大的变形尺寸。增设了兑换等级，不同等级的兑换难度不同，获取的经济收益也不同，同时不同的兑换姿态也对机械臂的研发提出了要求，兑换槽的出现也使得吸盘相对于夹爪具有更大的便利。机械结构多自由度的设计、机械臂的控制和视觉对新兑换站的识别，都将变得更加困难。

救援方面，移除了刷卡救援机制，保留拖拽救援。英雄和步兵机器人均可以随时间流逝自动复活或兑换直接复活，部分降低了工程的任务压力。但是考虑到补给区的复活速度是原地复活速度的4倍，救援结构仍需保留。

总之，新赛季中经济获取功能仍然是工程机器人的核心，并且将更加专注于该任务。一台性能优秀，取矿和高等级兑换都流畅自如的工程机器人能带给队伍巨大的作战优势和更高的容错率；而功能相对一般的工程机器人，也能通过兑换低等级矿石来保证经济收益，以此来保证队伍的基本发弹量需求。但要想充分发挥工程机器人的价值，多自由度的取矿、兑换尤为重要。

2.2.2.2 功能需求分析

(一) 功能分析

一级功能	二级功能	机构	优势	问题
获取矿石	取矿机构	夹爪	1. 设计难度较低，结构更为简单稳定 2. 夹取迅速稳定，夹取力度大，矿石不易脱落； 3. 夹爪上可加设矿石姿态调整机构（Pitch轴翻转）。	1. 大资源岛通道狭长，可活动空间小 夹爪体积大不够灵活 2. 对位难度高

取矿机构	吸盘	<ol style="list-style-type: none"> 体积小，在矿洞内活动空间大 可以在末端加装多个吸盘，使夹持更加稳定 	<ol style="list-style-type: none"> 传统真空泵吸力小，不稳定，矿石可能脱落； 自研真空泵吸力强，但稳定性仍待测试； 需要将吸盘正对矿石表面，对位要求高。
	卷吸	<p>可同时获取多个矿石，获取效率高。 对位简单。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 机构复杂，空间占用大； 控制复杂。 体积大，对于中心大资源岛的金矿获取能力近于 0
升降	一级升降	机构简单，控制稳定；	一级升降行程小，在保证底盘性能的前提下很难达到 1000mm 的高度。
	二级独立升降	机构简单且独立；	<ol style="list-style-type: none"> 需要两套执行机构来分别控制两层的升降，控制复杂； 第二级的需要跟随第一级移动，占用了上层空间且线路排布难度加大。
	二级联动升降	执行机构少，空间占用小；	<ol style="list-style-type: none"> 机构复杂，设计难度大，稳定性需要验证； 升降电机需要跟随第一级移动，增加了线路排布的难度。
横移	一级横移	机构简单，控制稳定。	<ol style="list-style-type: none"> 横移距离小，只能辅助对位； 可能无法满足某些兑换等级的需求。
	二级联动横移	<ol style="list-style-type: none"> 横移变形量大，可满足高兑换等级的需求； 可在中间矿洞位置通过横移来获取左右两侧矿洞内金矿 	<ol style="list-style-type: none"> 机构复杂，空间占用大。 车体重心高度上升的同时会前移，易翻车
前伸	一级前伸	机构简单，稳定性好，理论上达到 500mm 的前伸距离。	前伸量过大时有轻微变形。
小型机械臂	p-p-y-r 机械臂	<ol style="list-style-type: none"> 构型相对简单； 取矿、存矿流程都相对合理、简洁。 	第一个 Pitch 轴的关节电机力矩需求大。

	小型机械臂	y-y-p-r 机械臂	1. 构型相对简单； 2. 对第一个 Yaw 轴关机电机的力矩需求相对小。	取矿、存矿、兑换等流程复杂，需要配合横移实现。
	多轴机械臂	5、6 轴机械臂	自由度丰富，可完成各种姿态的兑换。	1. 结构复杂，空间占用多 2. 控制逻辑复杂； 3. 对关节电机性能的需求大。
矿石存储	矿石存储方向	水平矿石存储	存矿机构可以和升降框一同运动，完成空接之后不需要降下升降框就可以完成存储矿石。	空间利用率较低，需要占用 400mm 以上的车内水平空间。
		垂直矿石存储	存矿稳定	空间利用率较低；
		倾斜矿石存储	车内空间利用率高。	矿石存储时姿态无法稳定，增加了翻矿时间，降低了效率。
	矿石抬升机构类型	升降平台	结构简单，稳定，不存在抬升矿石时发生的矿石姿态变化问题。效率高，可以集成矿石翻转机构。	无法保持矿石姿态调整，第一个矿石的姿态会影响之后矿石的存储。结构较为复杂，占用车内空间较大。
矿石翻转	摩擦轮翻转矿石	1. 转矿稳定； 2. 相机观察视野好，易于自动姿态调整的开发。	机构较为复杂，增加了不稳设计和控制的不稳定性，但是可以和存矿机构整合设计。	
	夹爪上安装转翻转矿石电机	不需要单独设计机构，设计简单，安装方便。	1. 对夹爪长度有要求； 2. 降低了夹爪的咬合力，会影响夹取的稳定性； 3. 矿洞狭长，可活动空间小	
矿石兑换	移动平台	升降、前伸、横移	结构简单稳定，有多个赛季的经验积累。	机构自由度少，仅能兑换零、一、二级矿石。
	机械臂	p-p-y-r 机械臂	1. 构型相对简单； 2. 兑换流程相对合理、简	第一个 Pitch 轴的关节电机力矩需求大。

		洁; 3. 可满足高兑换难度的需求。	
	y-y-p-r 机械臂	1. 构型相对简单; 2. 对第一个 Yaw 轴关机电机的力矩需求相对小; 3. 可满足高兑换难度的需求。	取矿、存矿、兑换等流程复杂, 需要配合横移实现。
	5、6 轴 机械臂	自由度丰富, 可完成各种难度的兑换。	1. 结构复杂, 空间占用多 2. 控制逻辑复杂; 3. 对关节电机性能的需求大。

(二) 需求分析

根据上一小节中的分析, 我们结合上赛季的设计趋势和对本赛季规则的理解分析本赛季的需求, 并针对其提出设计思路。

功能	需求分析	设计思路
地形自适应性	能顺利通过赛场上 15° 的斜坡, 实现登上环形高地, 驱逐在环形高地上攻击哨兵的敌方步兵机器人。	设计自适应悬挂底盘。底盘高度可适当降低, 以此降低底盘重心, 降低工程机器人在快运动时的翻车概率。
取矿	在本赛季中, 落矿机构取消, 首个金矿的额外经济收益取消, 金矿价值提升, 兑矿难度提升, 这各项改动相加之后, 无疑都意味着开局金矿的获取极为重要。	采用链条链轮与滑轨滑块配合, 采用倍抬升的结构, 保证 z 轴高度。配合前伸横移机构快速将机械臂与金矿矿洞口对齐
	金矿预置在矿洞中, 需要在狭长通道中快速移动抓取的能力。	采用小型机械臂和吸盘的组合, 提升对位能力, 吸盘体积小在矿洞中活动空间充足。同时在末端增加伸缩机构, 提升在狭长矿洞内的移动能力。
矿石兑换	分析本赛季规则, 兑换时底盘断电, 但高等级兑换难度下仍然需要 510mm 的横移量; 考虑到兑换站额外有 rpy 角, 需要完	为了满足高等级的兑换要求, 我们将设计一款二级横移机构, 实现 910mm 以上的左右双向横移行程。

	成各种情况的兑换共需要910mm 的横移量。	
	本赛季的兑换仍然分成了不同的难度,但是各等级的实际兑换难度较上一赛季有所提升,因此需要设计能满足更高兑换难度,适应不同兑换条件的小型机械臂配合升降、横移完成兑换。	设计一款 y-r-p-r 构型的小型机械臂,能完成各种矿石 rpy 角度的调整,并配合升降、横移机构完成兑换。
矿石存储和姿态调整	由于掉落到地面上的矿石姿态未知,因此需要设计一个机构,可以同时兼备矿石存储和矿石 Pitch、Roll 轴姿态的调整。同时尽可能使矿石姿态调整方便进行自动化处理,方便设计矿石姿态自动调整。	设计两组垂直的摩擦轮,实现矿石的上下运动。同时通过这组摩擦轮还可以实现矿石姿态的翻转。
	为了增加矿石姿态调整的效率,我们希望可以在没有操作手参与,不占用操作手精力的条件下自动的完成矿石翻转。	设计车体内部进行矿石姿态识别和旋转翻面的机构。在该结构内首先识别 R 标或者矿石的矩形和梯形相关位置,从而确定矿石的相对姿态,然后根据姿态进行翻面使二维码朝下。
	获取矿石之后还需要兑换成功才能获取金币,因此兑换矿石的流程也是工程机器人设计所需要考虑的重要一环。	在完成姿态调整后,通过摩擦轮将矿石抬升至存储机构的最高位置,使用夹爪或吸盘将矿石送入兑换窗口。
救援	使用结实可靠的钩爪将英雄和步兵,以及可能情况下的哨兵拖拽回补给区加速复活。	配合步兵机器人和英雄机器人底盘进行设计,对不同的救援机构进行测试,实现机构稳定性和对位效率的最优解。同时设计自动触发装置,降低对位要求,提高救援效率。

2.2.2.3 设计方向

(一) 机械

设计对象	设计内容	期望效果
取矿机构	设计 y-r-p-r 构型 的小型机械臂。	对于不同的矿洞都有快速稳定的抓取能力
	设计并测试吸盘机构	实现对矿石的稳定吸取并不以脱落。
	在机械臂末端增加伸缩机构	增强在矿洞内的对位拿取能力
升降机构	采用链条链轮与滑轨滑块配合，采用倍抬升的结构。	保证在未变形时和变形后都能横移
横移机构	使用二级联动横移机构。	取矿时能有保证有更大的自动对位容错，并协助机械臂完成兑换。
存矿机构	设计兼顾翻矿和存矿的矿石存储机构。	在保证能对矿石 Pitch 轴和 Roll 轴姿态进行调整，同时使用该组摩擦轮实现矿石垂直升降。
底盘悬挂机构	设计独立、稳定的拉线自适应悬挂机构。	能够在盲道、坡路上有更好的 抓地力和自适应能力。
钩爪救援	设计可靠的单自由度救援。	与步兵和英雄机器人相适配， 保证在下坡 时和盲道上不脱钩。
整车重量	减少整车重量，降低重心，保证中心保持在中心	合理分配各机构的位置和重量，避免在行进过程中急刹车导致翻车。
图传位置	合理设计图传位置，使在没有自动对位，只凭操作手视角即可实现高效对位。	设计后置桅杆式图传云台，实现操作手“第三人称取矿”。

(二) 电控

改进对象	改进内容	期望效果	较之前的优势
矿石抓取机构解算	采用三轴小型机械臂	至少兑换任意三级矿。	对于新的资源岛有较好的适应性，保证队伍的经济

			来源。
自动流程	进一步优化自动流程,实现视觉兑矿,努力实现半自动控制	迅速稳定的完成取矿、存矿、翻转、兑换等一系列流程。	减少由于场上出现的突发状况造成的时间浪费,加快出抓取兑换矿石速度。
控制策略	尝试前馈和非线性PID,新的电机同步方式,优化机构控制。	机构控制更快,更精准。	大大增加了自动流程流畅度。
新的节电机	采用双编码器,扭矩更大,走线方便。	实现机械臂的功能。	克服3508重量大,扭矩相对较小,不适宜用作关节电机的缺点。
更改控制流程	优化与操作手人机交互,优化键位,完善客户端的自定义UI,显示状态,尝试应用自定义控制器。	操作手更易操作机器人。	优化操作手体验。
通信优化	使用队列的思想,优化总线上发包的策略。	减少丢包、堵包、总线错误带来的控制问题。	控制更流畅,出现故障的概率更少。

(三) 视觉

改进对象	改进内容	期望效果	较之前的优势
矿石识别	通过深度相机进行识别与 抓取辅助。在矿石掉落至合适位置时发出抓取信号，快速、准确地抓取矿石；识别槽内与掉落在地上的矿石，控制升降和抓取机构，辅助抓取并放入存储机构。	调节深度相机的 SDK 使之能在赛场灯管混乱的情况下稳定识别，可以通过整个矿石矩形或者四周角点进行识别。为了识别的鲁棒性，本赛季使用深度识别和传统识别融合的方式识别矿石。	重新开 RealsenseSDK 提高在赛场的稳定性。传统识别和深度识别相结合，在赛程上增加可选择性。
矿石姿态调整与存储兑换	设计车体内部进行矿石姿态识别和旋转翻面的机构。在该结构内首先识别 R 标或者矿石的矩形和梯形相关位置，从而确定矿石的相对姿态，然后根据姿态进行翻面使二维码朝下。	利用模式识别或者深度学习的方式识别当前姿态。	通过两种识别算法识别矿石姿态。
兑换站识别	根据兑换站的四个特征角点识别当前兑换站的姿态，解算兑换站姿态。	使用传统识别思想稳定识别。为了避免出现兑换站出视野而影响识别，所以应考虑三特征点识别的情况等。	

相机驱动	<p>重构深度相机的驱动,解决上赛季无法实现曝光异常,读图掉线问题。同时增加对 UVC 相机的兼容,便于应对深度相机出现异常情况。为了避免兑换站整体超出相机视野情况,本赛季拟在工程机器人上增加 UVC 小相机,辅助识别</p>	<p>在场上激烈的运动中保持相机在线。同时保证在近距离兑换时能够实现多个相机同时识别,避免兑换站超出视野等无法识别情况。在视觉状态机出现部分相机掉线的情况下仍能通过余下相机进行识别</p>	<p>新版深度相机驱动和多相机融合使用将提高赛场上的应对突发状况的能力。</p>
------	---	--	--

2.2.2.4 研发进度安排

项目	物资需求	人力评估	人员技能要求	耗时评估
底盘	M3508 电机*4、麦克纳姆轮*4、3D 打印件、铝材、板材、标准件。	机械 1 人 电控 1 人	设计底盘结构,进行部分材料的加工,完成底盘装配;学习底盘电路,连接并检查线路,学习底盘控制算法、修复代码问题。	3 周
升降	小米电机*2、3D 打印件、铝材、板材、标准件、滑轨滑块。	机械 1 人 电控 1 人	设计升降结构,完成升降机构的装配;完成升降机构的走线和保护;学习并编写适合本赛季的升降代码;测试升降模块。	3 周
前伸	M3508 电机*1、3D 打印件、铝材、板材、标准件。	机械 1 人 电控 1 人	设计前伸机构并完成装配;学习上赛季升降模块的代码结构,并基于上赛季代码改写出适合本赛季升降模块的控制代码,完成走线;解决前伸线材保护和走线问题。	2 周
横移	M3508 电机*1、3D 打印件、铝材、板材、标准件。	机械 1 人 电控 1 人	设计二级横移机构,完成横移模块的装配;学习横移代码,设计编写二级横移控制代码;完成横移模块的走线和保护;测试并修复代码	2 周

			问题。	
存矿翻矿	M2006 电机*2、3D 打印件、铝材、板材、标准件、大摩擦皮筋、	机械 1 人 电控 1 人	设计二自由度转矿机构, 并完成转矿模块的装配; 完成转矿模块的走线和线材保护; 编写二自由度转矿机构控制代码并测试; 利用深度学习或模式识别来识别矿石的 R 标或二维码, 完成矿石姿态调整。	4 周
小型机械臂	小米电机*2、2006 电机*2、3D 打印件、铝材、板材、标准件、自研真空泵、吸盘。	机械 1 人 电控 1 人	确定机械臂构型, 完成 4 轴机械臂结构设计, 并完成装配; 学习机械臂仿真算法并编写机械臂控制方案; 完成走线, 进行机械臂的调试和路径规划; 利用模式识别或深度学习来识别兑换站位姿, 并将矿石调整到合适的姿态。	5 周
救援	3D 打印件、铝材、板材、标准件、滑轨滑块、微动开关、步兵机器人、英雄机器人。	机械 1 人 电控 1 人	设计救援机构并完成装配; 完成 9 机构控制代码编写。	2 周
自动流程	完整功能的工程机器人、大资源岛、小资源岛、兑换站。	电控 1 人	设计大资源岛、小资源岛、兑换站、空接状态机并完成测试; 进行大量整车测试, 发现问题并及时改正。	8 周

2.2.2.5 资源需求分析

(一) 场地需求

场地	用处
有状态指示灯和自动释放装置的大资源岛，小资源岛。	测试工程机器人采矿性能和稳定性。
具有多个自由度的兑换站，并完全模拟官方灯效。	测试工程机器人兑换自动流程的性能和稳定性。
30°坡道、35.5°坡道、17°坡道、盲道。	测试工程机器人救援步兵和英雄机器人的能力。

(二) 物资需求

物资	用处
3508 电机	底盘电机，升降、前伸、横移电机。
2006 电机	转矿电机。
小米电机	机械臂关节电机。
装甲板、电源管理灯裁判系统	裁判系统，满足检录要求。
真空泵	吸盘方案产生负压吸取矿石。
吸盘	吸盘方案吸取矿石。
障碍块	测试障碍块搬运性能。
金银矿石（至少三个）	测试取矿性能。
麦轮四个	底盘轮系。
机械零件若干	整车机械结构。
线材若干	机构通信和供电。

2.2.2.6 人力资源分析

工程机器人在本赛季中仍是获取经济、辅助救援的核心单位。其对矿石的获取、兑换有着至关重要的作用。本赛季需要现有队员消化吸收工程机器人的研发流程，且进行各个方向的模块测试，为中期视频和之后整车的开发做好技术积累。

(一) 机械组

工程机器人机械结构设计，对设计机构进行答辩审核，购买零件并进行车体装配；配合电

控组进行测试，对测试过程中损坏的部分进行维护，分析机械问题并提出解决问题进行迭代。

（二）电控组

电路板设计，原件采购、电路板焊接；控制代码编写、维护改进优化及整车测试。编写工程机器人键位和自动流程状态机。

（三）视觉组

识别矿石位姿，实现自动对位、自动姿态调整等。

2.2.3 步兵机器人

2.2.3.1 规则分析

与 2023 赛季相比，2024 赛季主要有以下改动与步兵机器人有关：

- (1) 增加了新的场地路径，以及一狭长可通过通路。
- (2) 实装了新的等级系统，经验不随时间增加，增加进攻收益。
- (3) 不再能同时安装两只枪管。
- (4) 取消了控制区增益点
- (5) 步兵机器人操作上可选择半自动控制

较去年相比，今年的比赛规则移除了步兵的自然经济增长，击毁获得的经验有了可观的提升，新增了发射弹丸以及命中敌方机器人的经验增长，另外还增加了半自动这一控制方法。由此看来，步兵进攻的收益大大提升，不断的进攻将提供巨大的等级优势。此外，由于等级体系也发生了翻天覆地的变化，比赛的胜负不再取决于两队第一回合的交锋。一血的重要性大幅降低，步兵在比赛伊始可以放开手脚，充分发挥其灵活的优势。现在的等级体系更取决于长时间的积累。两队间不再容易形成巨大的等级压制。

另外更多盲道以及隧道的出现增加了比赛的不确定性，体型小的步兵成为最有可能驶过隧道的兵种。经过我们讨论后，麦轮步兵是唯一能够通过隧道的机器人，因此其需要利用灵活的优势，对敌方机器人进行分割打击。

综上所述，新赛季的步兵需要尽量缩小其的体积，增加其底盘的灵活性来做到“进可攻，退可守”。尤其要避免被敌方堵在隧道的情况。操作手则需要受用更灵活的策略，尽快的获得进攻经验。

2.2.3.2 功能需求分析

功能	需求分析	设计思路
灵活移动	缩减底盘尺寸,使麦轮步兵能够通过狭长隧道,需要较高的灵活性。	通过使用HEXROLL 麦轮减小悬挂占用空间。调整空间布局以减小整车质量,使用不同劲度系数的弹簧以保证车体在变速运动时的稳定性及对不同路况的适应性。
精确射击	5m 内散步在一个小装甲板内,射频达到 20HZ	优化摩擦轮、预置等,以对远距离目标精准射击;更改拨弹盘出弹口结构,以提供高速且稳定的射频不卡弹。
射速稳定	在不超射速的前提下,使射击速度稳定且不会出现掉速的情况,同时合理应对不同情况下的射速。	调整摩擦轮放置位置,角度,同时采用温度反馈方案,利用电机回传的温度并拟合温度-摩擦轮转速曲线,根据实时反馈的数据调整摩擦轮转速。
功率控制	对不同情况下的功率上限进行精准的功率控制。	优化底盘,云台的功率控制算法,合理控制整车的功率,以达到不违反规则的前提下将机器性能发挥最大
精准响应	提升云台 pitch 轴和 yaw 轴的响应速度以及精确度,底盘电机的响应速度和精准度来达到更好的控制效果。	采用双环 pid 的控制方法,达到更加精准的控制效果。
自动瞄准	使用了新的自动瞄准算法,做到稳定识别能量机关与装甲板。	使用传统识别和深度学习两套方案,侦测敌方灯条,进行匹配和数字识别筛选出目标;对目标装甲板运动建立CA 模型,利用卡尔曼滤波器估计并预测击打点。
反小陀螺	在敌方小陀螺状态下实现预测和打击。	通过整车建模对敌方装甲板位置进行记录,并预测装甲板位置。
能量机关激活	能够稳定识别能量机关,在陀螺状态下4 秒之内激活能量机关。	通过传统识别检测扇叶并使用双目测距以获得更精准的测量数据,采用多参数拟合三角函数等方法去尝试求解目标角度的精确方程。

2.2.3.3 改进方向

组别	改进对象	改进内容
机械	底盘	重新设计防撞框导轮,防止飞坡时防撞框触地。重新设计整车框架,通过压缩整体布局在原本尺寸上进行缩减,进而减小整车质量。需要测试新底盘各个部位的结构刚性是否能够满足比赛强度。
	轮系	重新设计轮系结构,采用比原本轮系重量更轻更小的HEXROLL麦轮,减小簧下质量,提高越障能力,减少空间占用。寻找轮系铰件出图时的合适公差,形成稳定可靠的标准。
	Pitch 轴	尝试使用4310电机,设计合适结构保证电机同轴度。
	云台	设计新版云台结构,增大弹舱空间。优化结构设计,减轻重量减少价格。 设计新版云台结构,合理利用云台相机两侧空间,满足电控走线要求。缩短云台长度,减轻整体质量。
电控	底盘功率限制	对不同情况下的功率上限进行精准的整车功率控制。优化操作体验以及机器的性能控制。
	射速优化	采用温度反馈控制摩擦轮转速,从而使射速稳定在更小的区间,不出现掉速的情况。
	云台控制优化	优化pitch轴yaw轴的pid控制,达到更快的响应速度以及更加精确的控制。
视觉	自动瞄准	优化装甲板单目测距,提升远距离识别的精准度;改良深度学习算法,提高深度学习模型的精准度。
	能量机关激活	优化传统识别的逻辑与算法,同时寻找新的能量机关转动方程的解算方案,提高对于目标方程参数解算的精度,尤其是角频率分量。

2.2.3.4 研发进度安排

项目	物资需求	人力评估	人员技能要求	耗时评估
----	------	------	--------	------

底盘	GM6020* 1、3508*4、加工件、板材、3D 打印件、标准件	机械 1 人 电控 1 人	底盘结构，完成底盘装配，设计底盘电路，编写底盘控制算法	4 周
云台发射机构	GM6020* 1、3508*2、陀螺仪、加工零件、标准件、相机、miniPC	机械 1 人 电控 1 人	设计云台结构并完成装配，设计云台硬件电路，完成云台的 PID 控制算法的编写和优化。	4 周
	3D 打印件、板材、复写纸、17mm 小弹丸若干、17mm 弹丸测速模块	机械 1 人 电控 1 人	设计发射机构测试摩擦轮各方案摩擦轮电路控制。	整赛季
自动瞄准	miniPC，高帧率工业相机，可供调试的完整机器人、短焦镜头等	视觉 1 人 电控 1 人	熟悉装甲板识别、控制代码，有参数整定的经验。	整赛季
能量机关识别	可供调试的完整机器人、能量机关场地、17mm 弹丸若干 miniPC 等	视觉 1 人 电控 1 人 机械 1 人	了解基本图像处理算法、常见的信号处理方法，能够及时发现并解决测试过程中出现的问题。	5 周

2.2.3.5 资源需求分析

(一) 场地需求

场地	用处
30° 坡道、35.5° 坡道、17° 坡道、盲道	测试步兵机器人在各个地形的运动和越障能力。
具有保护的飞坡测试场地	测试步兵机器人飞坡性能。
能量机关	模拟能量机关击打。

(一) 物资需求

设备	用处
3D 打印机	进行机器人上的塑料零件的制造。
靶车	测试自瞄性能。
17mm 弹丸	弹丸散布测试。
各类必需工具，如复写纸、各种用于加工的	解决后续装配和维护过程中出现的问题。

2.2.3.6 人力资源分析

步兵机器人在比赛中的任务和要求与以往基本没有变化，但是对我们战队而言仍然存在提升的空间，需要车组成员们再接再厉，继续提升步兵机器人的性能，使其在赛场上拥有更好的表现。

(一) 机械组

根据以往的技术积累和新赛季的任务需要，对步兵机器人整车进行迭代，完成零件的加工和车体装配，并在后续的调试过程中完成维护的工作。对当前机器人进行性能测试、记录和分析，为下一步迭代提出方案，进行测试并优化。

(二) 电控组

硬件方面：负责机器人需要的电路板设计、元器件采购及后续焊接和维护。在前期与机械组对机器人的线路布局做好提前规划并负责后期对机器人进行走线。

嵌入式方面：根据以往的技术积累以及新赛季的场地，规则的变化对步兵代码架构进行优化，完善步兵底盘和云台的各项功能，同时开发并应用新算法、新技术来提升步兵机器人的性能来应对新赛季的场地变化。

（三）视觉组

对于上赛季代码进行改进，提高基础功能（包括自瞄、控制等）的鲁棒性，尤其是优化能量机关激活方面的算法精确性。

2.2.4 平衡步兵机器人

2.2.4.1 规则分析

与 2023 赛季相比，2024 赛季主要有以下改动与平衡步兵机器人相关：

(1) 增加了隧道，公路区高度降低

(2) 平衡步兵机器人可额外获得原经验 50%的经验，若选择半自动操作，额外获得原经验 150%的经验。

(3) 平衡步兵机器人操作上可选择半自动控制

(4) 将平衡步兵归入普通步兵等级体系

赛场地形的改变提高了可变形机器人在比赛中的重要性。轮腿式平衡步兵通过双腿不同姿态组合来改变自身形态的优势将被放大，而且轮腿式设计能够弹跳越到公路区快速发动进攻。

将平衡步兵归入普通步兵等级体系后，血量相对降低，平衡步兵相较于去年要提高机动性来避免被击中。

本赛季我们选择了姿态多样、适应性更强的轮腿式设计来满足我们的战术需求。

2.2.4.2 功能需求分析

(一) 平衡机器人特性分析:

核心参数	符号	具体影响
质心与地面接触点的距离	L	L 的增加将导致产生更大的驱动力,从而使机器人实现更快的加速和减速,进而提升其运动性能。然而,这也伴随着控制裕度的减小,使得实现稳定可靠的控制变得更加困难。
地面接触点与车体前沿的最大角度	α	α 的增加会导致机器人产生的驱动力矩增大,使其加速和减速更为迅猛,从而提高了其运动性能。然而,这也伴随着在倒地后重新起立所需的扭矩增大,因此增加了发生前后倾倒或翻车的风险。
车体质量	m	车体质量对平衡步兵的模型建立有很大的联系,而精确的模型可以带来更好的控制效果

(二) 技术方向分析:

技术方向1	普通平衡步兵机器人
优势	<ol style="list-style-type: none"> 1. 控制器容易编写。 2. 有丰富的开源资料。 3. 学习门槛相对较低。
劣势	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在这个设计方案下,平衡步兵无法主动调整接触角和地面接触点,因此在运动中可能会出现前俯和后仰现象。 2. 缺乏横向移动的能力。 3. 在控制时,由于加速和减速导致的前俯和后仰可能会对操纵者的操作技术提出更高的要求。
分析结论	<ol style="list-style-type: none"> 1. 普通平衡步兵的控制方式是最简单的,但整体使用效果也是最差的。 2. 本赛季我们不将研发的核心放在普通平衡步兵机器人上。

技术方向2	质量块轮式平衡步兵机器人
优势	<ol style="list-style-type: none"> 1. 具备比较强大的运动性能。 2. 不像轮腿机器人那样需要庞大的关节电机和重量沉重的腿部结构,更加经济高效。 3. 通过灵活调整质量块的位置,可以在一定程度上防止机器人在加速和减速时发生前倾和后仰。

劣势	<ol style="list-style-type: none"> 1. 要使质量块发挥更大作用，需要采用更大质量的块和更长的运动行程，而对于平衡步兵机器人而言，这是难以实现的。 2. 与轮腿机器人相比，它缺乏主动悬挂和滤震功能，也无法通过变形、跳跃等手段实现战略价值。
分析结论	投入全部精力研究此技术方向对我们而言并非一个明智的选择。

技术方向3	共轴麦轮式平衡步兵机器人
优势	可以给机器人带来横向移动的能力，在通过隧道时具有一定优势。
劣势	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在横向移动时容易受到盲道的阻碍。 2. 由于麦轮的结构，在旋转过程中与地面接触时不够平稳，这使得控制过程稍显离散，相较于一般平衡步兵，平衡控制更加不连贯。
分析结论	这类平衡步兵机器人不在我们的考虑范围内。

技术方向4	轮腿式平衡机器人
优势	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可以使用腿来配置轮子与地面的接触点，在不改变机器人重心和车体与地面倾角的前提条件下可以实现极强的运动能力。 2. 通过控制腿长，可以实现主动悬挂滤震、跳台阶、稳定下台阶和飞坡等功能。 3. 网络上出现了大量关于轮腿平衡步兵机器人控制算法、控制器代码的开源，大大降低了轮腿平衡步兵机器人的研发难度。
劣势	<ol style="list-style-type: none"> 1. 轮腿机器人控制器过于复杂。 2. 关节电机价格昂贵。
分析结论	本赛季我们决定将平衡步兵机器人的研发重心放在轮腿式平衡步兵机器人上。

技术方向 ⁵	轮腿式共轴麦轮平衡机器人
优势	结合了轮腿以及共轴麦轮的优势，在地形适应性上展现出了极佳的适应效果。
劣势	1. 将两款机器人的劣势都集合到了一起。 2. 结构上极为复杂。
分析结论	1. 在完成轮腿式平衡步兵机器人的研发后再展开对 轮腿式共轴麦轮平衡机器人的研究探讨 。 2. 本赛季我们不将研发的核心放在普通平衡步兵机器人上。

根据以上的分析，我们结合上赛季的设计趋势和对本赛季规则的理解分析本赛季的需求，并针对其提出设计思路。

功能	需求分析	设计思路
精准射击	5m 弹道散布在一块小装甲以内，射速稳定，射频达到 15Hz 以上。	优化枪摩擦轮控制方式，以实现近距离目标精准射击；改善拨弹盘与枪管连接部分的结构，以提供高速且稳定的射频。
快速移动	简化结构，缩小机器人体积，将底盘重量控制在 20kg 以内。	电机串联轮腿，缩小车体体积，合理化布局底盘结构，减少冗余用材。
根据需要进行变形	需要有合理的连杆设计来使机器人拥有足够的变形尺寸，以实现跳跃台阶、站立等功能。	结合电控的控制和解算算法，使用几何学、基本力学和运动学原理，对连杆参数进行计算，求取最优值作为轮腿连杆的参数。
自主瞄准		
反小陀螺		
能量机关激活		与步兵机器人一致，可参考第2.2.3.2节。

2.2.4.3 改进方向

组别	改进对象	改进内容
机械	Yaw 轴	优化 yaw 轴连接，使其转动更加流畅。减小 yaw 轴装配体积，减轻重量。
	云台	优化弹舱设计，提高弹舱空间利用率，增加弹舱自动开关盖。
	轮腿连杆	继续优化迭代连杆参数。
	底盘	优化电机选型，减轻重量，优化布线空间。
电控	控制算法	<p>底盘：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 采用LQR、vmc 等算法，实现优雅精准的轮腿控制，适应飞坡、盲道等多种场景。 2. 加入 Yaw、Pitch、Roll 轴的绝对角度控制，实现底盘整体稳定，并增强变形时的控制能力。 <p>云台：</p> <p>Pitch、Yaw 轴控制算法中加入前馈控制，使运动过程中云台 更平稳，给视觉的辅助瞄准及能量机关算法平台更加稳定。</p> <p>射速控制：</p> <p>引入温度、反馈等因素，使射速更为稳定，射击更加精准。</p>
	操作手UI	重点着眼于人机交互性与赛场体验性，使操作手自如发挥，更方便地了解自身状态及场内信息。
	底盘功率控制	优化功率限制代码，实现能量高效利用，保证机动性，提高战场生存能力。
	底盘控制硬件集成优化	将数控电源、继电器统一为功率板模块，提高底盘硬件集成度，减轻步兵重量。
	滑环模块化	取消KF 端子连线，将滑环线连接方式改为插线连接，使滑环线独立于滑环板，减轻拆滑环的难度与工作量。

	走线与模块连接	设计统一的走线规范，便于排查问题，同时减轻走线难度，节约工时。
视觉	自主瞄准	在攻击敌方机器人方面，提高视觉识别的准确度。

2.2.4.4 研发进度安排

项目	物资需求	人力评估	人员技能要求	耗时评估
底盘及连杆	9025 电机*2、A1 电机*4、加工件、标准件、板材、3D 打印件	机械 1 人 电控 2 人	机械人员具备底盘的设计、装配和测试能力与经验；电控人员能够设计底盘电路，编写底盘控制算法。	4 周
云台	3508 电机*2、6020 电机*2、加工件、标准件、板材、3D 打印件。	机械 1 人 电控 2 人	设计云台结构并完成装配，设计云台硬件电路，完成云台的 PID 控制算法的编写和优化。	4 周
发射机构	3D 打印件、板材、复写纸、17mm 小弹丸若干	机械 1 人 电控 1 人	设计发射机构，测试摩擦轮各方案，进行摩擦轮电路控制。	整赛季
自动识别	miniPC，高帧率工业相机，可供调试的完整机器人、长焦镜头等	视觉 1 人 电控 1 人	熟悉装甲板识别、控制代码，有参数整定的经验。	整赛季

2.2.4.5 资源需求分析

(一) 场地需求

场地	用处
30° 坡道、35.5° 坡道、17° 坡道	测试平衡步兵机器人的爬坡能力和复杂地形的姿态稳定性。
有保护功能的飞坡测试场地	测试平衡步兵机器人飞坡性能。
盲道	测试平衡步兵机器人的主动悬挂性能。

(二) 物资需求

设备	用处
3D 打印机	进行机器人上的塑料零件的制造。
靶车	测试机器人自瞄性能。
17mm 弹丸	用于发射机构的测试和其他日常测试训练。
各类必需工具，如复写纸、各种用于加工的原材料	解决后续装配和维护中出现的问题，用于零件的制作。

2.2.4.6 人力资源分析

相较于 2023 赛季所研发的轮式平衡步兵机器人，本赛季计划研发的轮腿式平衡步兵机器人在各方面都有较大的技术难点，但其在功能和性能上都具有巨大的优势，需要也值得投入较多精力进行研发，因此需要负责的同学具有较强的责任心、学习能力以及对待设计具有严谨的态度。在团队条件允许的情况下，建立合理的人员架构，保证技术的更新和传承。

（一）机械组

需要结合电控的控制算法和基本力学和运动学原理进行轮腿结构的计算和设计，求解最优方案，同时设计平衡步兵机器人整车的设计和迭代，完成零件的加工和车体装配，并在后续的调试过程中完成维护的工作。

对当前机器人进行性能测试、记录和分析，为下一步迭代提出方案，进行测试并优化。

（二）电控组

硬件方面：负责机器人需要的电路板设计、元器件采购及后续焊接和维护。在前期与机械组对机器人的线路布局做好提前规划并负责后期对机器人进行走线。

嵌入式方面：优化代码架构，完善平衡步兵底盘和云台的各项功能，开发应用新算法、新技术以提升平衡步兵的性能，实现更优的控制效果。

（三）视觉组

对于上赛季代码进行改进，提高基础功能（包括自瞄、控制等）的鲁棒性。

2.2.5 哨兵机器人

2.2.5.1 规则分析

与 2023 赛季相比，2024 赛季的哨兵机器人规则有了较大的变更，主要体现在以下几个方面：

(1)哨兵初始/上限血量由 1000 点血下降至 400 点血，底盘功率上限由 150W 下降至 100W，与十级普通步兵功率相同，17mm 发弹上限由 240 提升至 400。

(2)哨兵机器人可以通过向裁判系统发送信息可自主进行发弹量、血量兑换及确认复活，同时云台手可通过指令干预，但每次干预需花费 50 金币。指令包括小地图标记、补充发弹、补给弹丸、确认复活以及远程兑换。

(3)哨兵巡逻区新增了己方能量机关激活点以及整个环形高地。

(4)前哨站摧毁后，哨兵机器人和基地失去无敌状态，哨兵机器人获得额外 600 血量，可超过上限，溢出部分不可通过回血机制恢复

哨兵在 2024 赛季经历了血量和底盘功率的显著下调，使其更易伤且机动性受限。这使得队伍在设计中需更加注重哨兵的生存和机动能力平衡。

哨兵发弹机制的显著优势直接塑造了其战术运用，哨兵具备强大的反击能力，特别适用于前期干扰和中后期防守核心的任务。这一特性对视觉瞄准和电控击打逻辑提出了更为精确的要求。

除此之外，哨兵巡逻区的扩大，哨兵被赋予了打符和自主复活的能力，这使得哨兵机器人面临更多的战术选择，需要更加智能地利用地形和资源进行进攻或防守，对哨兵的自主决策和导航能力提出了更高的技术要求。

2.2.5.2 功能需求分析

底盘方案		
方案	优点	缺点
麦克纳姆轮 底盘	之前大多数地面单位均采用麦克纳姆轮 底盘的设计。可以沿用之前的机械设计和控制程序，稳定性较高。	麦克纳姆轮效率较低，同功率下小陀螺速度相对其他两种底盘较低，不利于哨
全向轮底盘	效率较高；结构简单，控制与设计难度不大。	技术积累较少，机械结构效果不确定性较大。
舵轮底盘	效率很高，可以适应多种不同的运动情况；最大速度快机动性强。	结构较为复杂，体积较大。舵电机会消耗额外功率。

哨兵目前并不需要快速的机动，并且其性能较上赛季有所削弱，特别是底盘功率的减少，再加之舵轮技术的不成熟，综合看来选择全向轮底盘是最为合适的方案。

云台方案		
方案	优点	缺点
双枪单云台方案	只需要一个云台，控制逻辑简单	配合下供弹方式时，弹路较复杂，设计难度大，并排发射的弹丸不够集中，命中效率不高。
双枪切换单云台方案	只需要一个云台，控制逻辑简单；结构较简单，设计难度较低。	由于哨兵的枪口冷却速度和热量上限较高，两个测速共用一个发射机构。要求发射机构能承受较高的射频。

由于哨兵机器人的技术不成熟，且考虑到成本控制的因素，我们决定不考虑多云台的方案，仅从单个云台双枪同时发射/交替发射的方案中选择一个。考虑到哨兵的初始枪管热量较高，而在实际比赛时少有需要长时间连续开火的情况，以及双枪云台有部分技术积累，我们决定采用爆发较强的双枪同时开火单云台方案。

建图定位方案		
方案	优点	缺点
基于 Cartographer 的 2D 激光雷达建图定位方案	可以兼用于建图和定位，不受场景的限制，计算载荷较小，算法较稳定，可以不需要轮式里程计。	多适用于平面导航，无法完全捕捉到环境的立体信息，上高地存在困难。
基于 Fast-LIO 的 3D 激光雷达建图定位方案	可以兼用于建图和定位，不受场景的限制，计算载荷较大，算法更稳定，可以不需要里程计。	使用 3D 激光传感器，成本更高。
基于 RGBD 视觉 SLAM 的 3D 建图定位。	深度相机的价格相对于高端的 3 维激光雷达而言较为低廉，且也可以获取点云信息，可以处理上坡的情况。	相较于 3DSLAM 而言效果略逊一筹，且重定位的问题仅靠回环检测较难以解决。

导航控制器方案		
方案	优点	缺点
DWB 控制器	实时性高，能应对需要快速响应的场景，能很好的适应全向移动性质的底盘。	主要依赖局部信息规划。
TEB 控制器	全局路径规划，适用于非完整性车辆	计算复杂度高，参数调整复杂，没有横向移动的输出，不适合全向移动底盘。

由于本赛季哨兵需要实现小陀螺和上下高地功能，3D 的定位和建图方案是最适合的选择，在通过对多种 3D 建图定位算法的比较后，最终选择了 Fast-lio 算法进行 3D 定位和建图的方案，通过点云分割和点云的 3 转 2 实现对坡度的识别以实现上下坡功能。

同时为了实现建图定位以及导航控制的实现，我们最终选择了使用基于 ROS2 实现的 NAV2

导航框架，其中对 amcl 部分的建图定位部分进行了重构使用了 Fast-lio 算法，新增点云分割和点云 3 转 2 模块实现对坡度的识别。同时，还对 NAV2 的多种控制器效果进行了仿真实验，最终选择了 DWB 控制器，能更好的发挥全向底盘的灵活优势，适应复杂变化的赛事环境。

在决策方面，在 24 赛季提高自动化程度的背景下，参考过往自动步兵的开发思路，我们制定了两套决策方案在未来进行验证。首先，是以稳定为目标的有限状态机方案，通过巡逻、攻击、防守等状态的切换来实现哨兵对于局势的自主决策；然后是尝试使用强化学习来训练哨兵的决策模型以找到当前局势下的最优点。

2.2.5.3 改进方向

2024 赛季哨兵的改动较为突然，我们并没有做出完成度较高的哨兵，所以本赛季哨兵的改动较多，需要达到完善的水平。

（一）机械方向

本赛季的哨兵机械主要存在以下几个改动方向：发射机构改动、底盘及轮组改动、供弹体系改动、激光安装雷达改动。接下来将对以上四点及其下属分支方向进行阐述。

1. 发射机构改动

尽管哨兵的性能收到了削弱，但其在对局初期依旧对其它机器人有着极大的性能优势，为了发挥热量优势，我们决定实现双枪同时开火的发射机构。其供弹由两条独立的供弹链路实现，但两条链路共用一个拨弹盘，这一方案可以最大限度地利用车体空间，并且减轻了重量。

2. 底盘及轮组改动

采用全向轮底盘替换了原有的麦轮底盘，增强了小陀螺转速，提高了攻防能力。轮组计划采用带齿轮组的全向轮，在满足扭矩的情况下可以进一步提高转速。

3. 供弹体系改动

现在哨兵的初始发弹量被减少至 400 发，对于预装弹的需求减少了不少，但考虑到可以兑换发弹量，同时受经验机制的改动，比赛节奏放缓，哨兵的弹舱容量依旧需要有较大的冗余。

在这种情况下，弹舱无疑会给 yaw 轴带来很大的压力，所以我们采用双路中心供弹的方案，将弹舱置于底盘。

（二）电控方向

本赛季的哨兵电控主要存在以下几个改动方向：功率限制以及超级电容代码改动、自瞄控制算法改动、底盘运动代码改动、发射机构代码改动。接下来将按照代码模块来进行改动阐述：

（一）功率限制以及超级电容代码改动

根据规则改动，本赛季哨兵的功率上限由 150w 下降为 100w。这使得我们在功率控制上不能像以往的哨兵那样粗犷激进，我们通过对机器人各个部分的功率损耗进行建模，得到一个对于底盘控制电流的控制系统，以此限制底盘功率。

（二）自瞄控制算法改动

为了适配新的自动瞄准算法框架，电控部分对应的自瞄控制云台代码也做出了对应的修改，同时优化云台的 PID 参数以更好的适配自瞄控制。

（三）底盘运动代码改动

哨兵底盘由原来的麦轮底盘改为了全向轮底盘代码做出了对应的修改，同时为了适应新功率控制和超级电容的改动，对底盘的电流控制响应做出了适应性的更改。

（四）发射机构代码改动

为了适配新的双枪发射机构，对原有的热量控制以及发射控制代码做出了相应的改动。

（三）视觉方向

上一赛季，我们尚未拥有自动瞄准功能，在 2024 赛季，我们决定采用 ROS2 作为开发框架，从而获得更加通用的视觉接口。哨兵机器人与之前的 RMUA 比赛相似，不仅需要实现自动瞄准并与电控系统进行通讯，还需在视觉与导航决策模块之间进行信息交换。这一要求对视觉框架提出了更高的标准，以实现在进程间和进程内进行通信。从而为导航决策组提供更丰富的战场环境信息。我们预计完成以下视觉模块：

a. 单目相机模块：为了获取环境中的详细信息，我们引入了单目相机模块。这个模块负责采集单目相机图像，并提供图像处理功能，以支持目标识别和定位。

b. 全景相机模块：全景相机模块用于全方位感知场地，提供更广阔的视野。它负责采集全景图像，为机器人提供更全面的环境信息，以支持决策和导航。

c. 装甲板识别模块：基于传统视觉方案，识别敌方装甲板，提供目标信息。

d. 能量机关识别模块：这个模块负责识别场地上的能量机关，获取其位置和状态信息

e. 弹丸识别模块：弹丸识别模块用于检测场地上的弹丸，提供弹丸的位置和状态信息，以支持机器人的弹道规划和射击。

f. 目标状态估计模块：目标状态估计模块综合各个识别模块提供的信息，对比赛中的目标机器人的整体状态进行估计，以支持哨兵预测最佳击打装甲板。

（四）导航决策方向

上一赛季，我们未曾深入涉足导航和决策部分的开发。在 2024 赛季，我们将搭建一套 RMUC Gazebo 仿真环境，以便模拟真实赛场地图和裁判系统，从而测试定位算法以及模拟裁判系统消息进行决策判断。

针对哨兵导航，我们预计使用 MID360 + FAST_LIO + linefit_ground_segementation + pointcloud_to_laserscan + Navigation2 作为导航框架，并额外补充 2D 点云雷达用于补全 MID360 因云台阻挡导致的盲区，从而实现全向避障，也可以实现哨兵到达高地巡逻区的需求。

针对哨兵决策，我们同时开发两套方案。使用强化学习，搭建一套赛场环境下的强化学习训练框架用于导航决策的训练和可视化仿真，同时开发基于有限状态机实现的稳定决策模块作为补充，从而在神经网络模型和状态机决策树的稳定性之间做好平衡，对机器人的执行任务做好模块化以高效利用 ROS2 框架。

2.2.5.4 研发进度安排

项目	物资需求	人力评估	任务	耗时评估	资金预算
底盘	3508 电机、板材、铝方管、标准件、3D 打印件	机械 1 人 电控 1 人	设计底盘结构，研发并完善中心供弹及弹舱，申请采购并完成组装；	4 周	
云台	6020 电机、板材、3D 打印件、标准件	机械 1 人 电控 1 人	设计云台结构，申请采购并完成组装；	4 周	
发射机构	3508 电机、板材、标准件	机械 1 人 电控 1 人	设计发射机构，优化摩擦轮间距与单发限位，申请采购并完成组装	4 周	
自动瞄准射击	相机、miniPC、17mm 弹丸等	视觉 3 人 电控 1 人	完善自瞄算法，增加打符和全向感知功能。	5 周	
自主决策与导航	相机、miniPC、激光雷达等	导航 3 人 电控 1 人	设计并编写强化学习决策树与状态机决策树，测试导航算法的实车调试。	12 周	

2.2.5.5 资源需求分析

(一) 场地需求

场地	用处
巡逻区以及两侧完整的高地	测试哨兵在真实环境中的建图、定位、导航等功能

(二) 物资需求

	物资	用处
设备	3D 打印机	进行机器人上的塑料零件的制造。
	焊台、热风枪及电烙铁等	进行机器人上硬件的组装。
维护与调试物资	靶车	测试机器人自瞄性能。
	17mm 弹丸	用于发射机构的测试和其他日常测试训练。
	自制装甲板	用于测试自瞄性能。
零部件及制作工具	各类必需工具，如复写纸、各种用于加工的原材料	解决后续装配和维护中出现的问题，用于零件的制作。
	碳板、铝板、螺丝螺母等各类标准件	用于机器人机械结构。
	各类电机、电调、电池	用于机器人动力部件。
	各类线材元器件	用于机器人各模块电路连接。
	相机线*2、6mm 大恒相机*2、NUC11*2、激光雷达*2、深度相机*2	视觉功能的开发与调试用。

2.2.5.6 人力资源分析

哨兵机器人的研发需要机械电控视觉导航四个技术组沟通协作齐力完成，运营组日常的记录和宣传也会给车组的研发带来一定帮助。其中在规则需求分析后，应该以算法实现作为主导来实现对整个机器人的研发

（一）机械组

分析需求与研发方向。进行新底盘与其供弹机构的研发与测试、进行新云台与其发射机构的研发与测试。对机器人进行日常的维护与改进。

（二）电控组

主要负责哨兵控制算法和导航控制的配合实现、日常机器人调试和维护，对机器人使用的硬件设备进行选择和设计以适配机器人的功能设计、更好的发挥算法效能。

（三）视觉组

负责哨兵的自动瞄准和预测算法框架完善和优化，开发能量机关自动瞄准模块；将原有的基于 ROS 的导航框架向 ROS2 迁移；对相机驱动进行更换以适应新相机。

（四）导航组

开发 ROS2 环境下的 3D 建图定位算法模块，把原有建图定位模块算法进行升级；对导航的决策模块进行开发，并开发相应神经网络学习所需要的训练环境；对导航决策的效果进行仿真测试，使用了 Gazebo 作为仿真平台；对全向感知模块进行开发提高哨兵机器人的环境感知能力。

2.2.6 空中机器人

2.2.6.1 规则分析

与2023 赛季相比，2024 赛季与空中机器人相关的改动之一便是呼叫空中支援的方式由等待 175 秒冷却后免费呼叫改为等待 170 秒冷却时间，并且每次空中支援时长从 30 秒增加至 35 秒。在不使用金币的情况下，7 分钟比赛时间内可以稳定呼叫两次空中支援，而若想呼叫三次空中支援最少只需要花费 125 金币。而另外一个较大改动为取消了原本 17mm 机动发射机构，并使无人机必须拥有一个 17mm 发射机构。这意味着在本赛季，除去常规的视野侦察功能外，无人机必须具备攻击能力，无人机的战略威慑作用大大提升。500 发子弹在保证 60% 命中率的前提下可造成3000 点伤害，在团战、抢符、组织进攻，或地面力量短时间薄弱时，

都可以成为改变战局的重要力量。毫无疑问，空中机器人将成为团队优势建立的最有效工具之一。

2.2.6.2 功能需求分析

功能	设计思路
飞行稳定性	采用更多的对称式设计，使整机重心更接近于中心。
	采用碳管做为作为支架的一体式桨保，减小桨保对动力的影响以及减少桨叶之间互相的震动以及气流影响。
	采用电机倒置方案，使桨面更接近整机重心。
云台稳定性	设计集成度较高，质量较轻的云台，优化云台供弹链路，优化云台配平，并且在 pitch 轴电机上设置合理前馈，平衡重力影响，减小云台前后重量不一致带来的影响。使用高精度 IMU 进行云台的姿态解算，使用卡尔曼滤波以及 PID 算法控制云台电机，使云台电机响应速度快并且稳定。
发射机构稳定性	优化供弹链路，优化弹仓结构和拨弹轮结构，实现弹丸的流畅稳定供给，采用 3508 作为摩擦轮电机，确保弹丸射速稳定射速高。
基础模块	采用好盈 x6p 动力系统和 24 寸桨叶；采用 A3 飞行控制系统；无人机机架采用四轴方案；采用 TB48 电池，两串两并保证 48V 稳定供电。

2.2.6.3 改进方向

组别	改进对象	改进内容
	发射机构	借鉴论坛中的开源解决方案和相关文献，我们计划对发射结构和整体供弹链路进行优化，以在保持轻量化的前提下，降低发射时的散布，进一步优化弹道效果。并且采用 M2006 电机拨弹，将冗堆弹丸进行梳理达到弹丸顺畅无阻且有序的输出，上层拨弹片通过螺栓杆增加搅拌机构，与无搅拌机构的拨弹相比，将会降低弹丸间的挤压，减小电机阻力。在高射频条件下，我们将仔细评估并解决弹丸掉速和拨弹机构卡弹的问题，以确保系统的高效稳定运行。

	云台部分	因为使用拆除减速箱的 3508 电机会使云台整体重量更重，因此云台需要在保证机械强度的情况下减轻重量，优化板材构型，对供弹链路进行优化，同时需要调整云台的各个模块的放置位置，优化云台配平，同时调整云台的重心。
	机架部分	在确保机械结构的强度和稳定性的前提下，对机械结构进行拓扑优化，实现重量的轻量化，同时进行飞控模块、定位模块和控制模块等组件的合理布局。
		协同云台一起调配重心高度，使重心尽可能靠近桨叶平面，使机身高度集成化，提高机动性能。
		优化电池架的位置，可能采用自制电池架与中心板相结合，减轻电池架重量，更高效利用空间，同时利用电池提高中心板强度。合理布局脚架的安装位置，做到不影响云台的视角，同时使机架更加稳定，强度更高。
		改变弹仓的结构布局，将采用弹仓位于中心板中的构型，增加弹仓和机架的集成程度，合理分配空间。优化内部结构，设计弹仓的快拆结构，解决子弹滞留在弹仓内的问题或快速解决卡弹问题。由于新赛季的比赛节奏更快，设计弹仓时需要考虑快速补弹方法。
继续优化桨叶保护罩的碳框架结构和扎网方式，增加结构强度，减轻重量。		
电控	走线优化	优化走线，两个摩擦轮、4310、6020 通过 XT30 头直接供电，拨弹轮使用 8P 头供电和 CAN 通信。微调主控板，摩擦轮使用 PWM 口，取消排针连接方式，优化视觉接口，也采用 8P 头进行供电和通信。
	优化云台控制	Yaw 轴继续使用 6020，优化控制代码，提高响应速度。

2.2.6.4 研发进度安排

项目	物资需求	人力评估	工作内容	耗时评估
机架		机械 1 人 电控 1 人	设计并完成完成无人机机架组装及调试，设计制作桨保支架，完成飞控系统调参，使无人机能够	7 周

			在没有云台的情况下稳定飞行	
云台	GM6020* 1、3510 * 1、加工件、 板材、3D 打 印件、标准 件	机械 1 人 电控 1 人	设计二轴云台，完成云台的组装及测试，对云台进行闭环控制并根据测试结构优化设计	10 周
发射	3508 * 2、 M2006* 1、 机加工件、 板材、3D 打印件等	机械 1 人 电控 1 人	完成发射机构的设计及组装，并且测试发射机构能否稳定且高速发射弹丸	6 周
自动射击	工业相机 一台、NUC 一台	视觉 1 人 电控 1 人	进行四点模型的部署和调试，优化弹道及射击散布	12 周

2.2.6.5 资源需求分析

(一) 场地需求

场地用途	场地需求
无人机飞行 测试场地	<p>鉴于无人机飞行测试存在较高的危险性和不确定性，我们在组装完成后采取一系列安全措施。初期测试将在配备安全防护网、充足光线、适宜天气、良好 GPS 信号、清空飞行区域，无杂物及无关人员的环境下进行。考虑到学校的实际情况，我们计划在操场进行室外训练。</p> <p>随着测试的深入，后期测试将迁移到无 GPS 信号的室内宽敞场地，用于评估视觉定位模块的工作情况、进行飞手的飞行训练，并协同其他地面机器人进行战术演练，预计在车间场地进行。对于标签识别测试定位，初期将在电脑模拟器中进行模拟，中期计划在小轴距无人机悬挂安全绳的场地内进行实地测试，而后期将考</p>

虑将测试扩展到空中机器人上机进行实际测试。

场地用途	场地需求
发射机构测试场地	此测试场地为室内静态测试场地，使用铝型材框做支撑搭建离地面约 2m 的测试平台，以模拟无人机飞行时的高度，测试自瞄系统和无人机吊射功能。场地应该拥有足够的深度，周围设有挡板和防护网方便收集子弹，在地面上标志出 8m、10m、12m 等位置，配备电子靶以检测无人机在不同射击距离下弹道散布。

(二) 物资需求

物资	用处
3510 电机	Pitch 控制电机。
定制电路板	主控控制。
6020 电机	Yaw 电机。
裁判系统	满足检录需求。
3508 电机	摩擦轮控制。
2006 电机	拨弹轮电机。
NUC	视觉识别处理
17mm 弹丸	弹丸散布测试。
遥控器+接收机	机器人远程控制。
A3 飞控	无人机飞行控制。

（二）设备需求

设备	用处
3D 打印机	机器人零件打印。
激光切割机	用于板材切割。
电子靶	弹道散步测试。

2.2.6.6 人力资源分析

在调试阶段，空中机器人项目要求团队成员能够在繁重的学业负担之外，积极投入更多时间参与机器人调试工作。参与调试的成员需具备兴趣、能力和责任心。若组内成员因不可抗力原因未能按计划完成工作或遇到技术难题，应及时与团队成员商讨解决方案或调整工作时限，以保障整体项目进度。每一到两周，组织组会总结当前进展，制定下一阶段的任务，以确保机器人项目整体进程顺利进行。团队成员需加强合作，有效分工，共同测试机器人功能。考虑到空中机器人的特殊性，飞手职责需要由具有丰富多轴飞行器组装和飞行经验的成员担任，并在调试过程中特别注意安全事项。

（一）机械组

进行设计研发，装配调试，维修分析；负责飞行平台（机架）、桨叶保护罩、云台和发射机构的设计、装配、维护与后续迭代改进；使用 Solidworks、Ansys 等工具进行优化设计。

（二）电控组

负责云台和飞控的控制，进行代码优化。

（三）视觉组

对于开源代码进行改进，对远距离识别和自瞄控制方面做针对性优化。负责无人机识别、测距调试和优化。

2.2.7 飞镖系统

2.2.7.1 规则分析

本赛季飞镖系统的制作规范相较于上赛季没有较大改动，仅在飞镖制作尺寸方面有所变动；机制方面主要改变为飞镖的击打目标有两种选择，“默认位置”或“随机位置”，两种模式对基地和存活的地面机器人的伤害有所不同，同时，命中对方，己方存活的步兵和英雄机器人将平分 200、600、1000 点经验。本赛季飞镖在保证命中的情况下能为地面团战

带来更多的帮助，但其核心价值还是在于对前哨站或基地能快速、精准、安全的造成大量伤害。一套稳定的飞镖系统不仅能给队伍带来关键伤害收益，还能带来团战优势，毫无疑问，飞镖机器人可以成为一支队伍在比赛中建立优势的关键因素。

从飞镖制作方面分析，全组成员将努力实现更加稳定的发射和一套完整的飞镖镖体分析设计体系，达到精准打击基地或前哨站的效果。这对于飞镖的飞行稳定性及发射稳定性提出了巨大要求，不仅要求飞镖在空中姿态保持非常平稳，也需要飞镖在脱离发射架之前保持稳定的姿态。飞镖发射架需要飞镖镖体提供稳定的发射动力以及发射角度，初始动力源由摩擦轮提供动能。提高飞镖系统的稳定性重点在于飞镖发射架的刚度和强度，提高飞镖系统的准确性重点在于yaw轴、pitch轴角度的灵活调整可以实现对前哨站和基地打击目标的切换，以及飞镖镖体的气动模型，飞行姿态的控制。

从击打目标方面分析，基地和前哨站位置与上赛季相比发生未改变，本队将进行多次测试，累计测试理论和数据，努力实现“默认位置”下精准打击，同时本队将发展探索飞镖制导方案，争取实现“随机位置”下的精准打击，为地面团战创造优势。对于制导镖体而言，则需要视觉和电控的互相辅助，通过分析所采集的图像确定自身位置和自身与目标的相对位置，对飞行姿态进行控制，从而达到精准打击的目的。

2.2.7.2 功能需求分析

功能	需求分析	设计思路
稳定发射	快速连发	设计待发弹弹夹或弹巢结构。
	飞镖姿态稳定	利用摩擦轮摩擦飞镖承载装置，从而带动飞镖发射，调整飞镖；设计合理的镖体气动外形和气动布局并结合计算和仿真效果，实现空中姿态稳定。
击打前哨站和基地	发射架Pitch轴、Yaw轴角度的精准控制	利用6020直流无刷电机驱动，底盘设计吸盘稳定发射架，实现Yaw轴精准控制；通过电机驱动丝杠转动，带动丝杠螺母、滑块移动，连杆带动发射换弹机构抬升，实现Pitch轴精准控制。
	飞镖具有姿态调整模块，可通过反馈进行良性制导，调节飞行轨迹	通过陀螺仪回传数据和识别相机图像得到的与引导灯相对角度及距离，采用可动舵面进行飞镖姿态控制，从而引导飞镖运动轨迹使其以合适速度角度命中飞镖检测模块。

飞镖制导	可动舵面控制	购买不同型号舵机测试，选出在响应速度和调整响应上最佳型号，装载尺寸和形状合适的舵面，先实现单轴控制，再实现两轴联动控制。
	视觉识别	通过陀螺仪回传数据得到镖体世界坐标系中角度和角加速度，再利用高帧率 CSI 相机或自研 FPGA 摄像头模块进行图像采样，并解算出相应的位置坐标和角度。最后通过 FPGA 控制器对动量轮进行调整以控制飞镖姿态，从而引导飞镖运动轨迹使其以合适速度及合适角度命中装甲板。

2.2.7.3 改进方向

组别	改进对象	改进内容
机械	攻击目标切换	Pitch 轴角度调整精度良好，但整体结构刚性有待提高，Yaw 轴选用精度和传输力矩更高的滚珠丝杆调整，以机械自锁稳定发射架。
	发射姿态	调整飞镖气动外形以及不同气动布局的相关参数，需要大量测试的理论分析。
	飞镖形体	整体气动布局进行多样化设计，外表面尽量平滑，最大限度减少飞行过程中的阻力，减少涡流；同时保障内部空间，保证内部零件的正常、方便安装与检修更换；在飞镖头部触发系统后添加缓冲结构，减少撞击对飞镖的冲击；在控制电路板固定处添加缓冲结构，减少震动对飞控的干扰。
电控	飞镖姿态控制	抛弃传统算法采用新算法进行姿态修正。
	发射系统	采用摩擦轮的方案，用速度环控制发射的初速度，并且自动检测舱门。
视觉	识别方案	减少对图像矩阵的遍历操作，通过调整相机参数或增加滤光片使引导灯发出的特定波长绿光更清晰。
	硬件系统	通过自研 H7 芯片模块或 FPGA 模块将摄像头图像采样系统独立出来，在硬件层面通过流水线方案对图像信号进行处理以提升摄像头采样与识别帧率。

2.2.7.4 研发进度安排

项目	物资需求	人力评估	人员技能要求	耗时评估
发射架	1. 6020 电机 2. 2006 电机 3. 3508 摩擦轮电机(4 个) 4. 铝方管 5. 碳板 6. 机加工件 7. 标准件	机械 2 人 电控 1 人	机械： 1. 熟练使用三维制图软件； 2. 掌握绘制二维工程图纸； 3. 掌握机械设计的相关知识，熟练装配。 电控： 熟练掌握 PID 调参、控制学原理	五周
飞镖	1. 可打印柔性耗材的 3D 打印机 2. tpu、(发泡) pla 打印耗材 3. PCB 飞控 4. 小型航模电池 5. 舵机 6. 雪弗板 7. 标准件	机械 1 人 电控 1 人 视觉 1 人	机械： 1. 需掌握空气动力学、流体力学和航模的制作知识，了解空中控制实现方法； 2. 熟练使用 Solidworks 建模及装配。 3. 掌握流体力学仿真分析相关知识。 电控： 1. 熟悉单片机编程和闭环控制，掌握飞行器飞行过程中的姿态控制技术； 2. 熟悉硬件电路设计、PCB 设计、优秀的焊接技术和硬件调试技术。 视觉： 1. 需要有相关控制调试经验。	四周
制导机构	相机、识别处理模块等。	视觉 1 人 电控 1 人	有相关控制调试经验。	八周

2.2.7.5 资源需求分析

(一) 场地需求

场地	用处
30m*8m 测试场地	满足飞镖最大射程，周围无易碎物品。
模拟前哨站和基地	测试飞镖的击打。

(二) 物资需求

物资	用处
舵机	镖体舵面控制。
定制电路板	镖体制导。
3508 电机	发射架电机。
装甲板、等裁判系统	满足检录需求。
飞镖触发头	飞镖配平测试。

(三) 设备需求

设备	用处
3D 打印机	测试不同气动外形的镖体飞行稳定性。
小型CNC 雕刻机	加工实用碳板。
线切割机	加工飞镖翼面、舵面
铣床	加工镖体配重块。

2.2.7.6 人力资源分析

飞镖机器人主要由机械组成员带领进行设计研发、装配调试和维修分析，同时需要全组成员协助进行飞镖发射架的测试，以及其他先进方向的控制方案研发任务，并互相商量讨论，不断进步，互相督促进度，以确保飞镖研发进度。

(一) 机械组

飞镖发射架以及飞镖镖体机械结构的设计、审核、装配、测试、维护、迭代。

(二) 电控组

负责制导镖体电路板和硬件的设计绘制和调试，负责制导方案及其控制硬件的代码的编写、调试。

负责发射架部分电路板和硬件的设计绘制和调试负责发射架及其控制硬件的代码的编写、调试。

(三) 视觉组

视觉制导硬件选型与测试，包括开发板、相机、陀螺仪等。引导灯高帧率识别与测距测序。通过飞镖自身角度与引导灯相对飞镖角度解算目标角度程序。PWM 等舵机或动量轮控制程序。

2.2.8 雷达

2.2.8.1 规则分析

与 2023 赛季相比，2024 赛季主要有以下改动和雷达站有关：

(1) 雷达的“高亮”机制加强为“易伤”机制，可使敌方机器人-15%的防御增益；雷达也可自主决策将易伤效果翻倍

(2) 一次标记的准确与否与上次标记的准确性以及雷达发送坐标的时间间隔均会影响雷达标记进度。

(3) 机器人操作新增“半自动控制”模式。

(4) 哨兵由操作手发送指令控制，每次将花费 50 金币。

对于第一点，易伤 BUFF 的引入使得我方机器人在进攻和防守中都能获得显著优势，而且只要雷达持续正确标记，易伤机制将持续存在。并且雷达的自主决策机制，若决策正确，将为队友的闪击战提供极大地帮助。

对于第二点，如果雷达连续成功标记，标记速度将会显著提高。

对于第三点，当我方操作手选择“半自动控制”模式时，操作界面将不会出现图传，将无法直观地得知地方机器人的位置，只能通过雷达站标注敌方位置，从而引导操作手发送指令给对应机器人。

对于第四点，若己方经济不够充裕，哨兵只能完全依靠裁判系统和雷达站信息，做出自主决策，这就需要雷达站提供足够多且准确的敌方位置数据，为哨兵决策出最佳攻击点和防御点提供基础信息。

总而言之，24 赛季的雷达站可以为己方提供伤害加成的 BUFF，要完全发挥雷达的功能，就必须保证雷达在赛场上的识别与定位流程稳定且有效，若决策机制完善，也将为关键性突破的战术提供基石。

2.2.8.2 功能需求分析

功能	需求分析	设计思路
----	------	------

识别目标	全场视角识别我方与敌方的各兵种机器人，确定机器人位置与类别。	通过使用双层神经网络，分别是机器人的和被以及对兵种的识别。
地图定位	通过图像识别和深度信息获取机器人在场上的实际位置，并准确地映射到小地图中。	使用激光雷达获取场上点云数据，在相机与激光雷达、相机与场地进行标定的条件下，通过 Deepsort 算法得到机器人在小地图上的位置。
自主决策	根据赛场状况，判断是否需要触发敌方目标机器人双倍易伤效果，并提前在友方 UI 中提示即将出发易伤效果的倒计时。	通过裁判系统返回的血量信息、敌我双方位置等信息，判断现场形式。

2.2.8.3 改进方向

组别	改进对象	改进内容
视觉	定位	使用激光雷达获取点云数据，在激光雷达与相机准确标定的条件下，通过坐标转换对识别到的机器人进行相机系的定位。通过相机与场地的准确标定，进而转换得到小地图上的坐标。
	哨兵联动	通过与哨兵的通信，即可为哨兵机器人的自主决策提供辅助信息。
	通信	优化现有的通信模块包装，使多种手法的数据更方便进行调整。
机械	设备支架	优化支架机械结构的设计，根据传感器设备的需求来进行精良轻量化的设计来方便调试使用。

2.2.8.4 研发进度安排

项目	物资需求	人力评估	开发目标要求	耗时评估
联合标定	Livox AVIA 激光雷达、 海康工业相机 CS016	视觉 1 人	点云和像素对齐	4 周
多机通信	主控模块、电源管理模块、 usb 转ttl		应用串口通信模块，参考裁判系统	要和开发需要

		视觉 1 人	协议获取信息	的信息进行随时调制
自主决策	哨兵机器人、Livox AVIA 激光雷达、海康工业相机	视觉 1 人	双伤启动、战术建议等自主决策功能模块实现的验证和调试	整赛季
目标识别与定位	Livox AVIA 激光雷达、海康工业相机	视觉 1 人	开发识别机器人类型的深度学习模型对目标进行识别，结合目标位置深度信息进行场间定位	5 周
设备支架	三脚架、3D 打印件	机械 1 人	掌握机械设计基本方法。	1 周

2.2.8.5 资源需求分析

（一）场地需求

场地	用处
基本完整、符合实际尺寸的对抗赛场地	测试雷达的完整功能。

（二）物资需求

设备	用处
AprilTag 标定板	对相机和激光雷达进行标定。
哨兵测试车	测试雷达与哨兵的联动功能。

Livox AVIA 激光雷达	机器人定位测距。
海康工业相机 CS016	全场视角图像获取。
电源管理模块和主控模块	测试多机通讯。

2.2.8.6 人力资源分析

因为雷达的开发任务和功能需求与算法组其他部分重合度较高，结合雷达站本赛季的功能故基本属于平行开发阶段。算法的开发比如RGB与深度信息的对齐、对机器人的识别框架都会作为哨兵开发功能框架的子功能进行研发，只有针对全场进行有效定位的以及战队雷达站标定地方机器人的特色机制部分进行专门开发。支架等机械相关部分则按照人员调配情况根据需要协助。

2.2.9 人机交互

2.2.9.1 客户端界面 UI

功能	需求分析	设计思路
电容能量条	操作手需要能够了解电容能量状态，帮助主动决策调整功率方案。	电容能量条根据当前实时反馈回来的电容电压进行计算，将电容的能量(单位：J)以能量条的形式显现出来，当能量减少的时候，能量条会相应的减少，并且会通过颜色变化提示操作手当前操作策略。
辅助瞄准线	辅助操作手进行瞄准射击，提高命中率。	结合地形、位置及功能需求设计瞄准线位置，如当与敌方机器人保持一定距离时，若将敌方机器人装甲板框在两条横线之间，在弹道射速稳定的情况下，可以直接命中装甲板。
视觉反馈显示	使操作手清楚地知道当前视觉模式；为视觉在场间的临时调整提供指导。	由于视觉模式是否开启或当前处于视觉的哪一个控制逻辑中无法直观显示，所以将信息绘制到客户端界面边缘，不影响操作手视野；在场下调试时，可以向视觉报告识别信息，如锁定装甲板 ID、是否识别到灯条等。

功率板 错误码	由于功率板运行过程中，有概率会出现错误，需要操作手及时知晓并改变操作策略。	在客户端视野中醒目提醒当前错误码，使操作手及时改变决策。
动态装甲板	使操作手清楚的知道当前装甲板的相对旋转位置以及受击情况，通知操作手及时调整作战策略。	在准星四周绘制出四个装甲板，根据枪口朝向与底盘正装甲板的朝向夹角计算出旋转偏角，并根据反馈的受击情况改变装甲板 ui 的颜色。
车况可视化	通过可视化 ui, 使操作手清楚的知道当前状态提示，如是否扣血，摩擦轮情况以及是否卡弹	在左右两边空余区域规划出几个图形，通过改变填充的颜色来进行扣血检测提示，摩擦轮提示，卡弹提示，以反映机器人当前状态提示

2.2.9.2 车间通讯

当前赛季雷达的信息主要是给哨兵和操作手的全局决策提供依据，其中雷达获得的信息要通过车间通讯发送给操作手和哨兵机器人。而雷达可以通过视觉算法标定敌方的位置以及状态，经过信息整合后通过车间通信发送至己方其他单位，通过 UI 绘制到己方操作手客户端，实现更直观高效的信息交流，对于哨兵则作为决策模块的输入作为决策依据。

功能	设计思路
敌方机器人位置	雷达识别到敌方机器人位置后，整合通过车间通信发送到小地图。
预警信息	雷达识别到敌方机器人打符、飞坡等重要状态时，及时发送信息至其他机器人客户端，通过绘制 UI 提醒操作手。
英雄受击	英雄装甲板检测到伤害时，立刻向其他地面单位发送信息，以便迅速组织保护英雄。
哨兵感知补充	为哨兵的全局信息获取进行补充

2.3 技术储备规划

2.3.1 机械

2.3.1.1 已具备的技术能力

技术名称	技术描述	技术成熟度
轮毂电机 (内嵌电机轮组)	通过内嵌电机,大幅减小轮组的体积与重量,同时避免轮组内外八变形。	成熟
42mm 下供	42mm 弹丸弹仓位于底盘,42mm 弹丸弹路将通过中空滑环,经过Yaw轴、Pitch 轴最终达到摩擦轮前,使云台更加简洁,质量更轻,响应更快。	不成熟,有提升空间

2.3.1.2 准备突破的技术能力

技术名称	技术描述	技术目标
自适应悬挂	通过连杆使底盘拥有自动适应地形的能力,提高爬坡时的稳定性。	稳定,自适应效果好,满足各种场地情况的需求。
双 17mm 下供弹	通过改良普通 17mm 下供弹实现双链路同时供弹。	简洁、稳定、不卡弹,同时适配双枪云台。
全向轮底盘	使用全向轮作为底盘轮系,换用圆形或接近圆形的防撞框,使底盘具有更好的小陀螺能力,并减小小陀螺过程中的速度损失。	运动稳定,有地形适应能力,能通过场地中的各种坡路,不易被卡位。
机械臂	多关节机械臂,完成多自由的运动。	结构简洁合理,性能稳定,在运动过程中保存足够的刚度,并实现多自由度运动。

飞镖	具有制导功能的飞镖，镖体由（发泡）pla 构成，具有雪弗板或碳板制成的固定翼面和可动舵面，可以通过舵面进行姿态控制以实现制导。	镖体结构稳定，无松散晃动，可承受发射和撞击时加速度，外形、重心符合空气动力学原理
17mm 中心供弹	17mm 弹丸弹仓位于底盘，17mm 弹丸弹路将通过中空滑环，经过Yaw 轴、Pitch 轴最终达到摩擦轮前，使云台更加简洁，质量更轻，响应更快。	简洁、稳定，保持高频率拨弹仍不会卡弹。

2.3.2 电控

2.3.2.1 已具备的技术能力

技术名称	技术描述	技术成熟度
USB 转 CAN 模块	通过 USB 转 CAN 模块，将视觉上位机所提供的 USB 信号转换为 CAN 信号，与电控下位机通讯。实现高可靠性，低延迟的视觉通讯。	成熟
麦克纳姆轮底盘控制框架	对麦克纳姆轮底盘的速度模式、位置模式、小陀螺模式等控制模式；遥控器、视觉、代码接口、键鼠等数据源进行了封装，方便进行二次开发和移植。	成熟
轮腿平衡步兵 LQR 控制器	通过采用 LQR 算法对轮腿平衡步兵进行控制，可以增强其运动性能，实现底盘姿态变化、跳跃等基本功能，这是传统平衡步兵无法完成的。同时，该算法还能提高平衡步兵在站立、飞坡、小陀螺等运动状态下的稳定性。	较成熟，有优化空间

基本平衡底盘控制框架	将平衡底盘的控制部分算法进行封装，实现平衡底盘的基本运动能力。提供了接口进行控制，方便二次开发和移植。	较成熟，有优化空间
UI 绘制框架	封装了裁判系统的 UI 绘制中常用的函数接口和一些常用的图形模块，并进行了大量测试，保证移植时的可靠性，方便机器人开发中的 UI 绘制。	成熟
硬件接口规范	制定了详尽的硬件接口规范，严格规定了每一种电压所对应的接口，降低了硬件接口错误问题出现的可能性，加快了硬件开发的成功率，降低了接线中产生问题的风险。	较成熟，有优化空间
PID 云台控制器	通过当前云台位姿、目标解算云台位姿和时间戳解算电机所需的控制速度，形成精确、流畅的云台电机速度闭环控制。	成熟
CAN 和 PWM 通信控制	能够针对不同的电机通过 CAN 通信协议对电机进行控制，并针对不同电机封装了对应的 CAN 控制接口和 PWM 控制接口，方便在基础信号发送和解析上进行二次开发。	成熟

2.3.2.2 准备突破的技术能力

技术名称	技术描述	技术目标
全向轮底盘控制框架	实现全向轮底盘运动的解算与控制，将全轮底盘的各种运动模式进行封装并纳入机器人底盘代码框架。在部分兵种上使用全向轮底盘，提升底盘的效率与小陀螺等运动模式的效果。	实现稳定有效的全向轮解算及控制。
更精准更完善的底盘功率控制方案	通过对机器人需求以及底盘运动模型的分析，设计一种优于控制最大速度以间接进行功率控制的限功率方案，提升功率控制的精准度，进一步提升运动性能与稳定性。	在保证不超功率的情况下，实现对能量的最大利用，最大化发挥机器人的性能。

<p>超级电容方案</p>	<p>超级电容和一个双向可控功率模块共同构成一个可控的功率补偿系统，凭借高速的功率闭环控制动态对底盘功率进行削峰填谷，从而实现超级电容的能量缓冲</p>	<p>增大能量的利用率，在不超功率的前提下，帮助机器人完成飞坡加速等技术动作</p>
---------------	--	--

2.3.3 视觉

2.3.3.1 已经具备的技术能力

技术名称	技术描述	技术成熟度
传统视觉装甲板识别	通过使用 OpenCV 库对图像进行图像处理，逻辑判断，得到图像中敌方装甲板位置。	成熟
深度学习装甲板识别	运用 yolo 和数字分类深度学习目标检测算法，对图像中装甲板目标进行检测数字分类与精准定位	较稳定，有较大优化空间
测距与位姿解算	掌握单目，双目相机目标测距 pnp 解算算法的应用，能对被检测目标进行足够准确的测距	成熟
ROS2 系统框架应用	通过在多个机器人项目上的测试和应用，有了较为完善的开发流程和框架，同时也对过去的很多项目进行了 ROS2 版本开发升级	有稳定方案，还有优化空间
PID 云台控制器	通过当前云台位姿、目标解算云台位姿和时间戳解算电机所需的控制速度，形成精确、流畅的云台电机速度闭环控制。	成熟
上位机通讯	对通信模块进行了完善的包装变成 ROS2 中的一个完整模块进行使用，上下位机只需要使用一样的包就可以进行有效通信	成熟

整车状态运动预测与卡尔曼滤波	对运动的敌方机器人做整车状态估计而不是只对单个装甲板进行估计和预测，提升系统的整体合理程度和准确度，可以对还没出现在视野的目标做出预判识别	有较成熟方案，有优化空间
强化学习导航避障	在仿真环境中测试并训练，对移动障碍物和目标点都有客观的可达性，但是在真实环境中实现效果不佳	方案尚未成熟，有较大提升空间

技术名称	技术描述	技术成熟度
深度学习整车识别与定位	主要运用于雷达站，通过运用深度学习方法对图像整车识别和定位，并建立全场小地图。	有可用方案，有较大提升空间
机器人全地形导航	包括路径规划、运动控制器、仿真调试、激光雷达建图、点云处理、点云分割等多个功能模块组成的完整系统。能够在仿真环境下流程实现对全向移动机器人的全图定位导航、对于上下坡和移动障碍物等都有较好的处理效果。	较成熟，有完整方案但还有提升空间
机器人自主决策	目前为有限状态机和强化学习训练两种方向对哨兵的决策模块进行规划，其中有限状态机在 ROS2 仿真框架中已经基本实现巡逻、跟随、防守等基础功能，强化学习方案尚未成熟	有稳定方案，正在尝试不同技术路线
激光雷达建图	通过单线和 3D 激光雷达对周围环境进行扫描，建立机器人周围的场地模型，并在机器人移动过程中实时更新，针对机器人使用了多种算法进行测试包括 liox-slam、fast-lio、cartographer、gmapping。通过激光雷达所建立的地图为哨兵的自主导航和移动位置提供基础判据。	有可用方案，有较大优化空间

<p>赛场机器人定位</p>	<p>运用测试了多种定位算法，基本使用激光雷达和 imu 作为传感器，最后整合了 icp+imu+ekf 融合的定位算法和 fast-lio 定位作为机器人定位的两套较完善方案，封装为 ROS2 功能模块进行使用</p>	<p>有较成熟文档的方案</p>
----------------	--	------------------

2.3.3.2 准备突破的技术能力

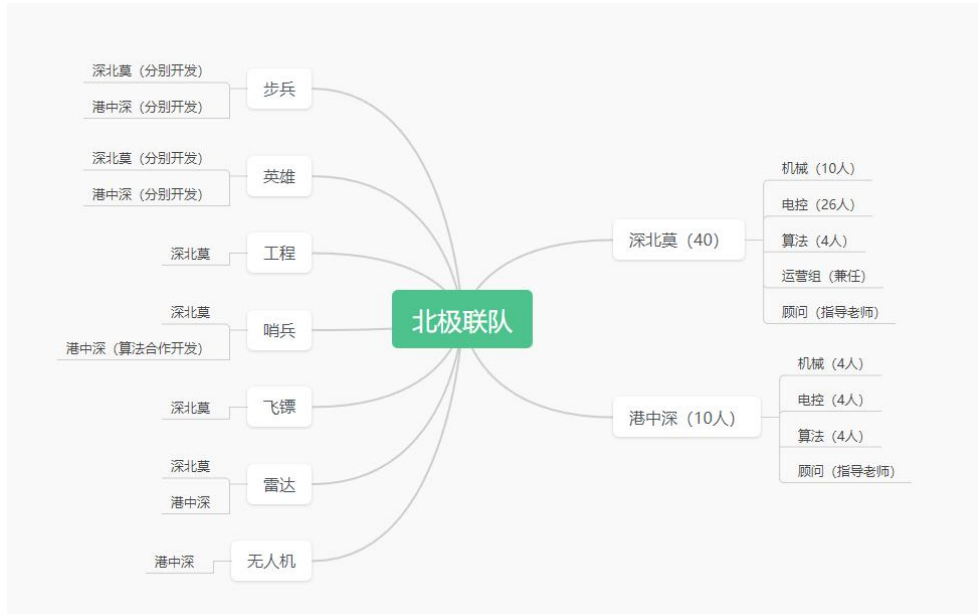
技术名称	技术描述	技术目标
<p>深度学习装甲板识别</p>	<p>运用深度学习目标检测算法，对图像中装甲板目标进行检测与精准定位。</p>	<p>在上赛季基础上，加入对装甲板大小的分类判断，提升装甲板角点回归的精度，强化模型在装甲板灯条拖影、极端光照条件下的鲁棒性。</p>
<p>整车状态估计与卡尔曼滤波</p>	<p>对运动的敌方机器人做整车状态估计而不是只对单个装甲板进行估计和预测，提升系统的整体合理程度和准确度，可以对还没出现在视野的目标做出预判识别</p>	<p>针对高低装甲板情况对整车状态估计模型进行优化升级，提升估计准确率和估计速度</p>
<p>视觉标签定位</p>	<p>通过对场地视觉标签进行识别和定位，进而求解当前机器人场地位置信息。</p>	<p>通过识别视觉标签位置辅助机器人校正位姿信息。</p>
<p>激光雷达建图</p>	<p>通过激光雷达所建立的地图为哨兵的自主导航和移动位置提供基础判据。</p>	<p>对哨兵的激光雷达硬件位置和算法应用、算法参数的不同效果进行对比验证选出较优化的解决方案。同时对的单个雷达的盲区进行补充，验证单线激光雷达作为避障补充的可行性</p>

机器人自主决策	通过光学传感器提取环境视觉特征，解算机器人运动里程信息，建立三维地图。	视觉 SLAM 技术预研，协助获取哨兵机器人运动里程信息。
机器人全地形导航	包括路径规划、运动控制器、仿真调试、激光雷达建图、点云处理、点云分割等多个功能模块组成的完整系统。能够在仿真环境下流程实现对全向移动机器人的全图定位导航、对于上下坡和移动障碍物等都有较好的处理效果。	针对赛场真实环境进行实车调试，比如多车堵截下的逃逸避障能力，对多种运动规划器算法进行对比分析和调试，选出适合队伍哨兵的最优解
能量机关识别	对能量机关的启动以及激发进行识别，考虑大小能量机关的运动轨迹解算出需要击打的目标点	尽量做出稳定的一键击打小能量机关，在此基础上对大能量机关的击打进行稳定性测试
ROS2 系统应用	使用 ROS2 框架组织机器人各功能模块并进行测试开发	完善基于 ROS2 的哨兵机器人开发流程，加强对功能的集成化和解耦

3. 团队架构

3.1 组织结构

北极战队在队伍结构上采用同级管理，独立工作，以车组负责形式完成联合工作。团队合作以每周例会交流进度同步，或直接在飞书上看项目管理表格。而两校分别为学生自主、整体平级、多组交叉的队伍管理结构。



战队组织架构示意图

而管理结构更为简单扁平化，两校分别设立队长一名，深北莫由于人数较多设机械组组长一名，电控组组长一名。今年彻底取消了专门运营的人员，原因如下：在之前的管理中发现部门之间存在信息差，因而建立飞书周报和项管文档，并在线下组织在同一教室里工作，减少信息差。但是运营组因为不参加技术开发，并且战队刚起步，运营工作比较少，很容易空闲失去组织归属感，随后被边缘化。正好队内有比较有设计能力，摄影能力等同学，在活动中参与度也高，顺便完成运营工作。其余包括招商，校内对接，财务，项目管理都有项管一人负责。项管有需求时可以联系学校内部专门负责机器人社团运营人员。目前看来此种组织架构有非常集中的优点，唯一不足的是工作内容偏多。

在队伍管理方面，本赛季将对所有任务类型进行明确的责任划分：战队综合事务交由项管协商负责，招新、培训类事务交由技术组组长负责，进度规划类任务交由车组组长负责；若任务涉及组外人员一律由组长协商决定。通过这种将责任明确区分、划分到人的方式，我们将能够更好地追踪任务进度，明确管理人员职责，避免出现过多的任务集中到一人导致顾此失彼，或者多人同时负责同一任务导致决策矛盾甚至进度失控的情况发生。

3.2 岗位职责和要求

职位	分类	角色	职责职能描述	招募方向/人员要求	预计人数
指导老师			<ol style="list-style-type: none"> 负责为战队整合校内资源。 负责在自己的专业领域内指导队内技术。 负责团队的的人身财产安全。 申请、管理、指导竞赛期间团队经费的使用。 协助队长积极配合组委会工作。 	战队所在的学校中具备科研、教学工作资格的讲师、教授或其他职务的教职人员。	3人
顾问			<ol style="list-style-type: none"> 根据自身的研发及比赛经验，研究规划战队技术的发展方向，从宏观层面指导研发。 为战队提供技术支持，在调试、研发中为队员解答疑难问题。 探索、发现前沿技术，为战队技术研发贡献思路和灵感。 针对战队的管理、运营等方面所存在的问题或不足之处提出意见或建议。 	顾问主要从队内退役老队员中招募，须具备两年以上的比赛经验，自身技术实力强劲或管理经验丰富，具有足够的时间完成顾问的工作，且在役期间无重大过错。	3~5人
正式队员	管理层	队长	<ol style="list-style-type: none"> 负责和组委会进行积极对接。 负责整个战队的传承和发展计划制定。 负责统筹整个战队的人员安排。 负责整个战队的制度管理。 	队长从队内招募，为具备两年以上比赛经历的队员。要求对整个比赛有较深程度的理解，技术面广、管理能力强，对整个战队的发展和管理具有一定理解。可以凝聚士气、团结队伍，带领队伍前进。	1人
		副	<ol style="list-style-type: none"> 负责整个战队的对外交流。 	副队长从队内招募，由队内具有	1人

	队长	<ol style="list-style-type: none"> 负责和各相应负责人审查战队技术方案。 负责战队财务并配合各技术组物资管理的申报物资、报销流程。 负责牵头机器人的模块化测试、整机测试等测试方案。 	<p>一年以上比赛经验的队员担任，须对整个比赛有较深入的理解。</p> <p>副队长要求具有丰富的沟通交流技巧和协调能力，可以辅助队长完成事务；须对其他校内平台和校外战队有一定了解，擅长对接校内队外事务。</p>	
	项目管理	<ol style="list-style-type: none"> 负责把控所有项目的整体进度。 负责整个战队的文档、资料管理。 负责项目相应文档的撰写做好文档传承、制度传承等工作。 负责整个战队的物资管理。 	<p>项目管理从队内招募，由队内具有一年以上比赛经验的队员担任，对战队有深入的了解和管理经验；项目管理要求擅长把控进度和制定制度，有总结规划、管理人员的能力；须在文档撰写和梳理上具备组织能力，能够做好文档整理和传承。</p>	1人
技术组	组长	<ol style="list-style-type: none"> 负责协同机器人组组长及其它技术组组长进行技术方案敲定。 负责本技术组的对外交流。 负责本技术组文档、共享平台管理以及相关传承事项构建。 负责本技术组的组员定期考核，为本技术组的进度总负责协调人。 	<p>技术组组长由队内具有一年以上比赛经验的技术组成员担任，对该技术组技术具有深刻认识和了解。组长须充分了解组内项目进度和战队整体情况，具有统筹文档资料、管理组内组员的能力。</p>	1人
	物资管理	<ol style="list-style-type: none"> 负责与队长进行财务对接报销，向队长提供采购审批单、账目报销所需等相关资料。 协同技术组组长（物资管理的审核人）管理组内物资。 协同技术组组长（组内物资购买审核人）管理组内账目。 统计耗材的使用情况，记录 	<p>技术组物资管理由队内成员担任。物资管理须对组内资源物资有充分的了解，擅长物资记录和管理；具有责任心，有耐心进行物资使用和耗材统计。</p>	1人

		非耗材的状态。		
	组员	<ol style="list-style-type: none"> 负责按时完成技术组组长发布的技术组任务。 负责在平时注意向本组物资管理反馈相应物资的状态、耗材的剩余等。 了解其它战队的技术走向，并作出合理评估。 每周制定学习计划，并在组内例会上分享汇报。 	技术组组员由梯队成员完成项目合格后担任。技术组成员须具备该组核心技术知识，具有责任心和较强的学习能力；了解组内项目和技术发展情况，对技术发展和传承有一定的见解。	5~8人
机器人组	机器人组组长	<ol style="list-style-type: none"> 负责协同技术组组长及其他机器人组组长进行技术方案敲定。 负责本机器人组的组员任务、进度安排。 负责本机器人组的对外交流。 负责把控机器人组本赛季机器人的研发、制作、调试进度。 负责明确机器人组本赛季的研发目标，把握研发进度。 负责本机器人组的组员考核，拥有推荐正式队员名额的权力。 	机器人组组长由对规则相对更熟悉的，具有一年以上比赛经历的技术组队员担任。机器人组组长须对比赛和机器人有深入了解，掌握该组机器人的研发进度和项目评估；具有规划机器人发展方向，统筹技术研发的能力；能够调动组内队员，配合其他车组和管理人员。	1人
	机器人组组员	<ol style="list-style-type: none"> 按时完成技术组组长发布的技术组任务。 负责在平时注意向本组物资管理反馈相应物资的状态、耗材的剩余等。 了解其它战队的技术走向，并作出合理评估。 每周制定研发计划，并在组 	机器人组组员由技术组成员报名协调后担任，须对比赛和机器人技术充分了解。掌握该机器人的部分研发技术和研发方向；具有技术钻研能力和方案评估能力，能够协助组长优化改进机器人。	3~7人

		<p>内例会上分享汇报。</p> <p>5. 详细关注所负责的机器人的相关动态。</p> <p>6. 及时和操作手交流需求和测试结果，在操作手的评估结果下进行技术优化。</p>		
	宣传经理	<p>1. 负责开发、整合战队的宣传资源，并打包更新至运营组资料共享平台。</p> <p>2. 负责与别的战队或官方组委会互动。</p> <p>3. 协助队长做好对外交流。</p> <p>4. 负责战队的队内活动策划。</p> <p>5. 负责协助队长做好队伍传承（上一届老队员资料收集、队员纪录片等）。</p>	<p>宣传经理由运营组具有一年以上的比赛经历的队员担任，须具有一定的宣传运营能力。熟悉PS、PR、AU、AE等图像视频处理软件，熟悉公众号推文制作，熟悉多媒体宣传平台的推广和应用。有一定的摄影摄像技术，团结战队内其他队员，积极为战队宣传做贡献。</p>	2~3人
	招商经理	<p>1. 负责开发、整合战队的招商资源。</p> <p>2. 负责赞助商的对接跟进任务。</p> <p>3. 负责调研赞助商的需求、以求多种渠道为战队寻求赞助。</p> <p>4. 负责与组委会交流、并详细了解侵权定义等相关法律条文。</p>	<p>招商经理由运营组具有一年以上的比赛经历的队员担任，负责开发、整合战队的招商资源，与赞助商进行对接跟进任务。负责调研赞助商的需求、以求多种渠道为战队寻求赞助，责与组委会交流、并详细了解侵权定义等相关法律条文等。</p>	1人
操作手组	战术指导	<p>1. 负责详细了解往届其它学校战队的水平，并根据能收集到的现有资料做客观预测。</p> <p>2. 负责详细研究往届比赛中所展示出的技术点、战术方案等。</p> <p>3. 负责根据战队的机器人实际情况、对方战队实力做出合理的战术方案。</p>	<p>队内招募，须具备一年以上比赛经验，在战略制定、战术指挥、战局预测等方面突出，及时掌握队内机器人性能，准确评估实力，了解其他战队战略动向和往年打法等。</p>	1人

		<p>4. 负责操作手训练的训练任务，以及组织开展模拟对战等活动。</p> <p>5. 在比赛时协助队长做好准备事项，并提高整个战队士气。</p>		
	操作手	<p>1. 负责地面机器人赛场操作和战术制定。</p> <p>2. 在备赛期间积极训练，针对机器人的性能做出评估给技术组合理反馈。</p> <p>3. 为自己制定科学的训练方案，并针对每次的训练效果进行记录。</p>	<p>队内招募，通过操作手选拔即可成为操作手，操作手选拔包含战略战术考核、虚拟对抗考核、实车对抗考核，要求操作手应具备良好的团队配合、敏捷战术思维、规则充分理解和机器人基本操作能力。</p>	5~7 人
	飞手	<p>1. 负责空中机器人的赛场飞行和战术制定。</p> <p>2. 在备赛期间积极训练，针对机器人的性能做出评估给技术组合理反馈。</p> <p>3. 为自己制定科学的训练方案，并针对每次的训练效果进行记录。</p> <p>4. 向战术指导提供战术方案。</p>	<p>队内招募，具有丰富的多旋翼无人机操作经验，对比赛规则有较为深入的了解，拥有良好的团队配合能力和比赛心态。</p>	1~2 人
梯队队员		<p>1. 学习相关技术知识，掌握该技术组的相关技术知识。</p> <p>2. 按时完成技术组组长发布的技术任务。</p>	<p>通过战队对外招新考核的成员。梯队成员须具有较强的自学能力、认真负责的学习态度；具备一定的技术基础，能够胜任研发学习任务。</p>	<p>每技术组</p> <p>3~5 人</p>

3.3 团队招募计划

3.3.1 目标人员分析

3.3.1.1 人员需求

2024 赛季将主要进行一次团队招募行动，在 2023 年秋，即 RoboMaster 机甲大师超级对抗赛 2024 赛季初期进行，主要面向 2021 级、2022 级本科生。各技术组与运营组均参与招募，对于目标人员的要求为：2022 级本科生需热爱机器人比赛，对于 RoboMaster 机甲大师赛事有一定的了解，具有一定的学习能力，能够融入队伍；2021 级本科生需有一定的机器人或相关比赛经历和对应技术能力基础，能快速融入队伍。

操作手组和运营组的招募将在寒假放假前展开，人员主要来自队内自愿报名和推荐，不单独对外开放招募。

3.3.1.2 招新方向分析

学校院系比较少，由于双证专业（数学，经济，俄语，化学，材料）课程较多，报名参加的人数较少。单证系工程系属于国内体制，且专业比较符合，参加人数较多。

在招新宣传阶段，招新群组的管理员会注意标记对于赛事有了解或表现出较高热爱程度的同学；并筛选出有过机器人或相关比赛经历的同学。对于上述两类学生，各组负责人将加强关注，在面试或后续培训阶段中进一步了解。

3.3.2 招新渠道分析

北极战队 2024 赛季纳新渠道将以战队统一招新活动为主。

（一）统一招新活动

北极统一招新活动为每学期固有活动，是战队招新的主要渠道。一般宣传阶段持续 2~4 周不等，培训考核阶段视各组安排不同持续 4~6 周不等。

前期宣传阶段，系内会组织新生去战队实验室和大疆深圳展览馆参观，在此引起学生对 robomaster 的兴趣，将对于比赛与战队有兴趣的同学邀请进入招新群组，进行进一步答疑；招新宣讲是战队招新最重要的宣传环节，由 战队预约场所，进行详细的战队介绍与各技术组、运营组的工作内容介绍，并展示战队的成绩与团队建设成果，同时在宣讲期间组织一定的活动活跃氛围；在考核过程中，我们将重点培养新人的关键技术能力，并引导其自学更深入的知识。关于培训的具体细节详见第 3.6 节中各组入队前培训部分。

一般来说，招新考核更重视基础知识、学习能力和态度，而非绝对以考核成绩为准，故

而面试和答辩也是最终决定招新考核是否通过的重要一环。

（二）其他特招

当赛季备赛过程中，在技术组组长认为有必要时，可以单独开展特招活动。特招以技术组为单位开展，不组织大规模宣传或培训，主要面向有良好的技术基础、对比赛感兴趣的同同学，完成考核任务并通过答辩即可。

根据往届经验，该渠道目标人员主要来自其他团队离职队员、队内特殊推荐或因故未能参与统一招新活动但能力出众者。

3.4 团队培训计划

3.4.1 机械组

（一）入队前培训

1. 面试

通过面试对参加招新的同学进行一些基本情况了解，包括对 RoboMaster 比赛的认识，对各个机器人的认识以及一些常用简单的零件的提问，并了解同学对 3D 建模、结构的理解与兴趣，主要筛选对比赛有兴趣、有热情且对机械设计有所认知的同学。

2. 培训

面试结束后，将完成基础知识的培训任务。

时间	培训内容
第1 周	SolidWorks 基本使用。
第2 周	常见零件

3. 笔试考核

第三周末将进行笔试考核，考试形式为线下笔试结合机试。考核内容为笔试题（包含选择题，开放设计题），与 SolidWorks 建模试题，考核时长两个半小时，考试结束统一批改，根据结果进行筛选，通过测试的同学最终成为机械组梯队队员。

（二）梯队队员培训

入队之后，将对梯队队员进行相关机械技能培训，包括但不限于 3D 打印机、出图、小型工具使用等。此外，还会定期组织梯队队员进行优秀开源资料的学习，并由老队员进行相关的讲解。期间给梯队队员布置一些小型任务，以及阶段性的各组间合作任务，根据其完成情况决定是否成为正式队员。

3.4.2 电控组

（一）入队前培训

1 . C 语言考核

通过线下的 C 语言题目编程进行考核。考核题目均为洛谷中的题库题目，简单、中等、困难难度的题目比例为 6：2：2。对参与招新的同学的 C 语言基础能力进行考察，考核范围包括基础语法、简单算法等，核心目的在于以题库为导向指导新人学习 C 语言、巩固基础知识点。

通过在 Vjudge 网站上在线发布题库，对参与招新的同学的 C 语言基础能力进行考察，考核范围包括基础语法、简单算法等，核心目的在于以题库为导向指导新人学习 C 语言、巩固基础知识点。

2 . 面试

面试的过程中我们会了解同学们的相关情况，并综合考虑 C 语言考核成绩、相关能力基础和个人意愿，将所有人划分为 51 组和 32 组两个不同的难度级别，分别学习 51 单片机与 stm32 单片机。51 组重在打好基础、了解单片机的原理与编程思维；32 组适合有基础或是编程水平较高的同学。选择 32 组需要在 C 语言的考核中表现靠前。

3 . 单片机与 AD 自学阶段

分组完成后，我们按周发布学习任务和作业要求，并安排一次开卷测验。学习任务安排表如下。

周数	51 组	32 组
----	------	------

第一周	创建工程，跑马灯，独立按键；AD 工程创建。	创建工程、跑马灯，AD 的基本工程的创建，了解绘制PCB 板的步骤。
第二周	定时器，中断，矩阵按键AD 绘制元件原理图。	时钟系统与定时器；AD 绘制元件的原理图及其封装。
第三周	串口通信，AD 绘制元件封装（PCB）。	中断优先级管理与外部中断、定时器中断，看门狗；AD 绘制原理图。

第三周周末统一测验

4. 最终考核

最终考核分为机试和面试两部分。机试将考察之前所学的所有内容，包括单片机和AD。时长约 2 小时，允许使用电脑中储存的资料，不允许联网。中途可以休息、吃饭，但是仍计入考试时间。面试将在机试批改完成后进行，当面考察技术点的掌握程度并了解个人情况。我们将综合计算最终考核的成绩，选出符合要求的同学加入电控组，作为战队电控组的梯队队员。

（二）梯队队员培训

从入队之后到成为电控组正式队员之前，梯队队员需要继续学习并掌握 STM32HAL 库、cubemx、FreeRTOS 操作系统等电控组必备知识。最终需要独立完成一个组内提供的小项目，并根据完成质量决定是否可以成为正式队员。

3.4.3 算法组

(一) 入队前培训

本赛季视觉组招新培训与考核分为秋季与春季两个批次完成，入队前完成基础知识培训内容，并根据知识掌握情况择优录取，培训流程图如下。

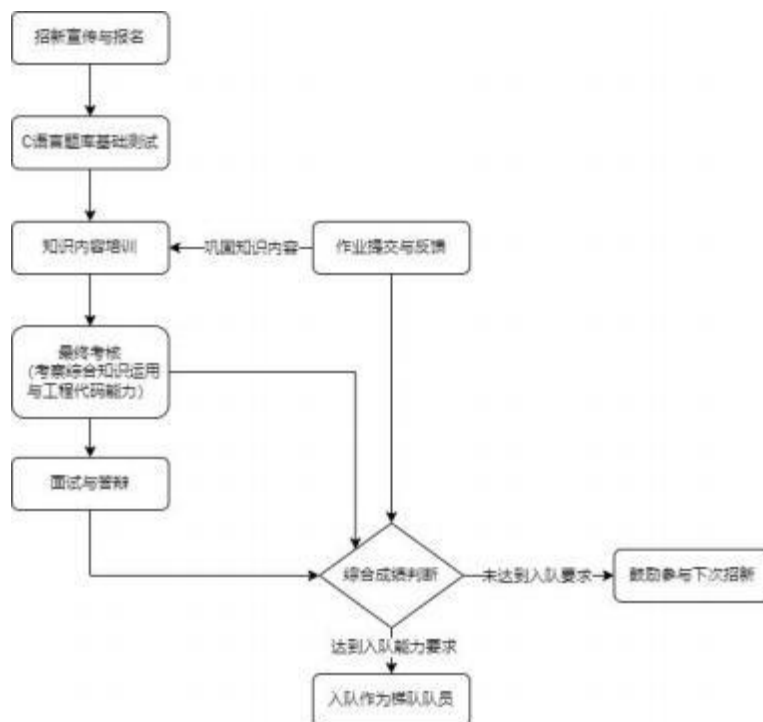


图 3-4 视觉招新流程图

入队前培训主要以老队员分技术模块讲解培训结合课后作业巩固的形式展开，视觉组组长作为培训主要负责人。同时，为新生提供详细技术学习路线文档与资料。

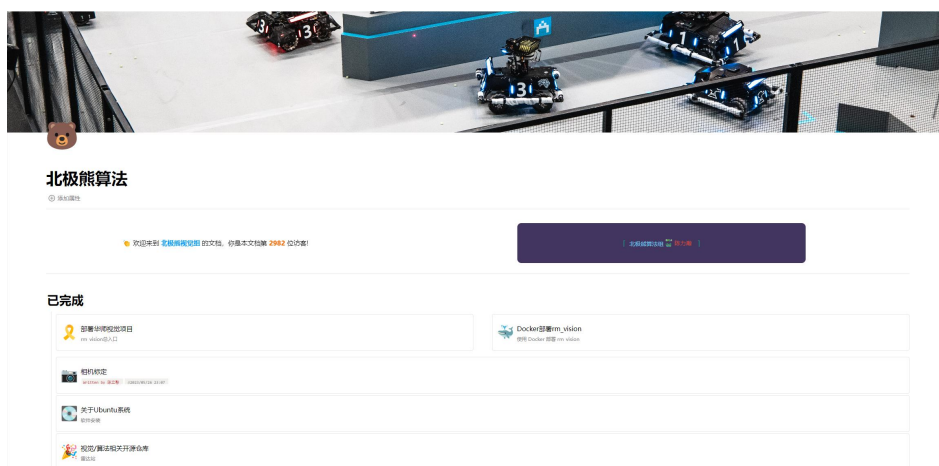


图 3-5 视觉自学指导文档（部分）

此外，本赛季开始前，我们撰写了视觉资料包。该资料包作为辅助培训材料下发给新生，同时作为队内技术参考保存。

（二）梯队队员培训

梯队队员培训以代码整体理解、机器人调试和老带新分技术点学习结合。每个梯队队员入队后，在巩固基础知识基础上，需要完成对基础步兵代码的学习理解与步兵代码实车调试。在理解整体代码逻辑的基础上，按个人兴趣与意愿，结合各兵种人员需求，以一对一老带新的形式，分兵种有针对性的学习某项技术点或某个兵种功能实现方法，完成对功能代码的传承与优化。

（三）队内集中培训

针对新赛季与上赛季队内研发的通用技术，需要组内成员保持知识同步。针对这些技术内容，该技术开发主要负责人将作为培训人，以技术文档、线下集中培训讲解等形式开展培训，保证组内成员及时掌握最新代码开发与使用方法。

3.4.4 操作手组

由于我队一般更重视比赛中的技术元素，在过去几个赛季中对操作手的培训较为疏忽。在现今比赛技战术不断进化，技术研发与战场决策结合程度不断加深的情况下，操作手的培训逐渐成为不可忽视的一环。

在 2023 赛季中，北极战队操作手组的选拔依据将主要包含以下几点：

- （1）参赛热情与参赛经验；
- （2）对比赛规则的认识程度（队内规则测评得分是其中一大重点）；
- （3）对机器人的综合了解程度和操作水平。

操作手优先自正式队员和有参赛经验的队员中选拔；考虑到对机器人的综合了解程度，其操作机器人分配将优先考虑本车组所在机器人。自寒假起，战队将逐渐开展对操作手（包括飞手）的比赛常识、战术素养和机器人操作训练三个方面的培训。

（一）比赛常识

比赛常识是操作手必须熟悉的基本内容，主要包括比赛规则、比赛流程、往届比赛等部分内容，主要培训形式为会议学习讨论和共同观看比赛回放等，计划在寒假初期完成。

（二）战术素养

战术素养为长期培训内容，计划通过沙盘模拟、对抗讨论和模拟器对抗逐渐锻炼。该项

目的主要目的是为了培养操作手在赛前的战术制定、场上的决策和战术执行能力；另外通过模拟器训练也能培养操作手之间的沟通能力和默契。

（三）机器人操作训练

机器人操作训练将结合车组进度适时开展，时间主要集中在赛前数周机器人调试期间，实际为 3 月至 7 月内间断进行。机器人操作训练的主要目的是为了使操作手熟悉机器人性能和操作方式，在真实场地中感受赛场环境和比赛流程，并通过模拟演练比赛环节和战术执行提高熟练度；另一方面，通过操作手实际感受反馈到车组，也能为技术改进提出部分指导性意见和故障反馈。

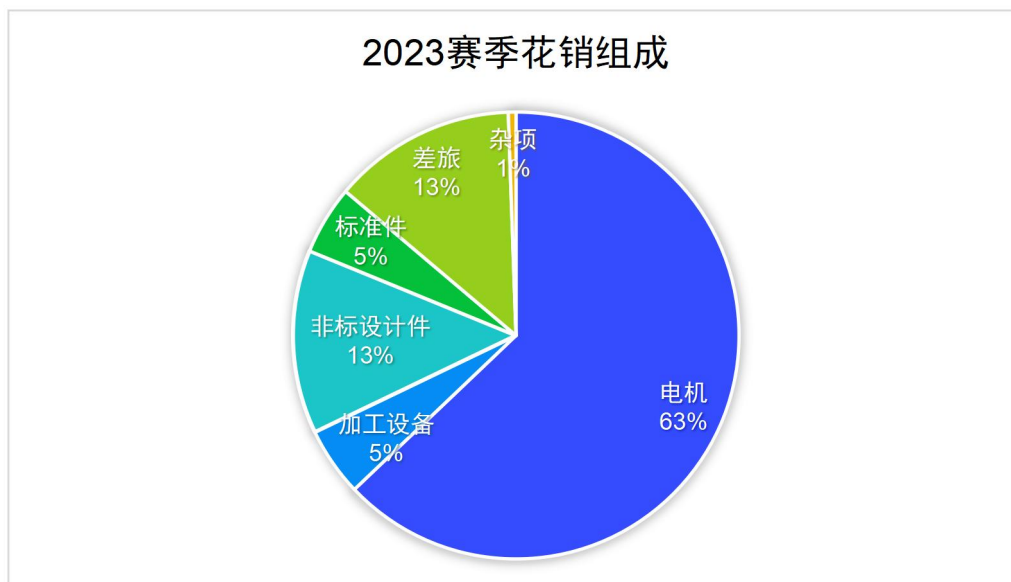
此外，飞手将由空中组单独组织安排飞手训练和飞手-云台手联合练习。由于飞手身为操作手又“身处局外”，往往能在比赛复盘时发现更多的问题，为后续的比赛给出更为清晰的建议，因此飞手的战术素养也是关键素质之一。

4. 基础建设

4.1 上赛季总结

4.1.1 资金使用情况

2023 赛季，北极熊战队资金主要由深北莫学生工作部、工程系、无人系统实验室三家共同支持，其中学生工作部提供基础项目制作经费 48000 元，工程系提供参加高校联盟赛的差旅费约 11000 元，无人系统实验室负责设备费、材料费、设备调试、迭代和维修费用等费用总计约 5 万元。2023 赛季全赛季备赛时间分为 2022 年下半年和 2023 年上半年，2022 年下半年使用经费为 2022 赛季经费剩余部分 15000 元。目前，北极战队所有机器人组已完成第一版步兵，英雄的下单，机器人加工费用、模块测试费用及损耗零件补充部分花销约为 5600 元；2023 年上半年机器人制作方面的经费花销主要为机器人迭代所需的机加工件、标准件、成品件、非官方成品模块及官方元件，约为 12000 元。其中，包括研发平衡步兵机器人所购买的轮腿电机、轮毂电机在内的非官方成品模块花销约为 9600 元；为研发哨兵机器人、雷达站所有购买的算法模块部分设备约 13600 元；包括补充机器人在比赛、日常测试及调试过程中损坏的电机、补充测试过程遗失的 17mm 弹丸及 42mm 弹丸等官方元件所需开销约为 1200 元。



4.1.2 资金控制改进方向

上赛季作为我们的第一个参赛赛季，在固定资产上花销较多，并且由于资金有限，在各个地方的开销较为节约，但仍然出现一些浪费花销，原因有以下几点：

1. 物资利用率有限，类似螺丝，轴承等等标准件，在使用过程中容易损耗或使用后不及时归位，导致下次使用时找不到，需要重复采购，浪费了时间和资金
2. 在机械设计上，经常由于设计考虑欠缺，工图画错等等导致无法安装，尽管大部分可以靠后期工具修改后继续使用，但仍有部分要重新加工。
3. 在采购申请上，过多采购或采购后没有投入使用，导致浪费的情况。

在这几点上，在这赛季提出几点改进：

1. 将所有的物资进行一个更精细化的分类放置，培训所有人随手归还的好习惯。实验室物资需要经常性的统计物资，并对所有使用完毕的物资进行归为。在工作过程中，将所有需要使用的物资放在一个工作框中，使用完毕后归还物资防止丢失。
2. 设计时增加考虑到该结构的成本。结构设计完毕后需要进行一到两次的 3d 打印件验证。在发加工前，需要另一个机械组成员进行审图。

采购前增加组长审批流程，若是更贵重的东西需要采购，需要通知队长和项管，在多方认可采购的必要性，准确性，实用性后才进行采购。

4.1.3 风险分析及解决办法

技术风险	技术研发难度过大,或研发资金过大	1. 为关键技术领域确定备用方案,以应对可能的技术挑战,确保项目的顺利进行 2. 找更专业的老师做培训指导,提升团队成员在关键技术领域的技能水平
人力风险	由于生病,考试等无法参与工作	规划时给予多余的人员规划
	技能匹配度不足	通过培训计划提升团队成员的技能水平,或者在团队中引入专业人才来填补技术上的空缺
	团队协作出现分歧	实施有效的团队协作培训,建立明确的沟通渠道和任务分工,确保团队成员能够高效协作
	存在内部信息差导致进度变慢	每周进行同一车组的相关人员
	人员压力过大	评估项目任务分配,确保合理分工,避免过度集中工作在个别成员身上,可以考虑适度增加人力或调整任务优先级
项目进度风险	任务估计不准确,依赖关系管理不善	加强对任务的详细分析,充分考虑潜在的延误因素,确保更准确的任务估计,制定合理的排期和任务执行计划,确保依赖任务能够按时完成
	资源不足	进行资源可行性分析,考虑是否需要调整资源分配,寻找额外资金来源,或者优化项目计划
	技术挑战	在项目计划中留有技术风险缓冲时间或提前准备备用方案,及时解决技术难题

4.2 资源分析

4.2.1 资金资源

来源	资源描述	初步使用计划
学生工作部为社团活动提供的经费、工程系竞赛经费，两个实验室的科研经费	可以满足基本的备赛需求，保障战队的基本运行。	主要用于购买各机器人组物资、官方物资等。此项经费用于战队大部分研发预算支出，但仅可购买赛季初申请的赛季经费预算内所包含的内容，不可购买经费预算之外的。
战队自有经费	由本赛季申请的创新创业项目（科研成果转化）经费以及比赛奖金组成，是战队内部的可自由使用经费。	主要用于团队建设、文化氛围建设、紧急项目支出等，紧急项目支出是指在一些特定条件下会出现学校经费无法及时报销但购买需求十分迫切的情况。
队员自发筹款	该部分经费是指在备赛最为关键时期出现学校经费和战队经费在不可控情况下无法及时支出，此时需队员自发筹款，形式为战队负债形式。其他经费到位后第一优先级返还。	十分紧急情况下物资购买，如比赛出发前的加急、财务封账后垫付、比赛期间购买的物资等。

4.2.2 物资资源

4.2.2.1 机械组物资

机械组物资大部分为往届遗留及学校提供，少部分物资如打印机、打印料等为赞助商提供，另有部分易丢失、易损耗物资工具本赛季进行了购买和补充。

来源	物资资源	数量	单位	用途
往届遗留	拓竹 x1	2	台	用于打印较为精细的零件
往届遗留	极光尔沃Z603S	1	台	打印零件
学校公用设备	精雕机	1	台	主要用于自制板材用于测试
学校公用设备	精雕机	1	台	主要用于自制板材用于测试
往届遗留	切割机	1	台	用于切割铝方管角铝等
往届遗留	220V 电钻	1	把	功率较大，用于钻孔和扩孔
往届遗留+本 赛季购买	小型电钻	5	把	用于钻孔径较小的孔或者拧螺钉
往届遗留	铆钉枪	3	把	由于拉铆钉
往届遗留	电动锉刀	1	把	用于修改零件的误差
往届遗留	电钉枪	1	把	用于装订木板，制作场地
往届遗留	气铆钉枪	1	把	用于拉铆钉
往届遗留	台钳	2	个	用于装夹零件便于后续加工
本赛季购买	虎钳	7	把	用于拆卸零件、变形零件等
往届遗留	锉刀	5	把	用于清理毛刺、修改零件尺寸
往届遗留+本 赛季购买	游标卡尺	3	把	用于测量零件尺寸、装配误差等
往届遗留	角磨机	1	个	用于打磨、切割
往届遗留	拉马	2	个	由于拆卸轴承、同步轮等零件
往届遗留	锤子	3	把	用于拆卸或者装配
往届遗留+本 赛季购买	丝锥	2	套	用于手动攻丝，便于装配
往届遗留	手锯	3	把	用于制作和修改零件
往届遗留	PLA 打印料	2	卷	耗材
本赛季购买	木工锯	1	把	用于切割木板，制作临时场地

4.2.2.2 电控组物资

电控组物资大部分为往届遗留，其中有部分易丢失、易损耗的工具及物资如胶布、J-Link 调试器等本赛季进行了购买和补充。

来源	物资资源	数量	单位	用途
往届遗留	斜口钳	2	把	焊接工具
来源	物资资源	数量	单位	用途
往届遗留	尖嘴钳	4	把	焊接工具
往届遗留	剪刀	7	把	拆快递包装，裁切胶带等
往届遗留+本赛季购买	弯头镊子	7	把	焊接工具
往届遗留+本赛季购买	直头镊子	7	把	焊接工具
往届遗留	胶枪（插电式）	3	把	粘接结构，固定线材
往届遗留	胶枪（24V 电池供式）	1	把	粘接结构，固定线材
往届遗留	焊台	4	个	焊接
往届遗留	热风枪	1	把	焊接，拆卸
往届遗留	加热平台	1	个	焊接铝基板
往届遗留	示波器	2	台	分析电路波形
往届遗留	逻辑分析仪	1	台	分析通讯协议逻辑和数据
往届遗留	电源箱	1	个	测试电路板
往届遗留+本赛季购买	电工胶布	若干	卷	绝缘，保护线材
往届遗留+本赛季购买	纤维胶布	若干	卷	保护线材
往届遗留+本赛季购买	绒布束线胶布	若干	卷	保护线材
往届遗留+本赛季购买	束线管	若干	卷	保护线材
往届遗留+本赛季购买	3M 双面胶	若干	卷	固定板子等负载较低の場合
往届遗留+本赛季购买	J-link 调试器	12	个	调试下载代码
往届遗留+本赛季购买	端子固定胶	若干	卷	固定端子

4.2.2.3 视觉组物资

视觉组大部分物资为往届遗留，其中有部分易丢失、易损耗的工具及物资本赛季进行了购买和补充；同时为适应新版本规则，本赛季购买了新的激光雷达等用于雷达站的研发。

来源	物资资源	数量	单位	用途
往届遗留	Livox avia	1	台	激光雷达定位采集设备
往届遗留	Mid 360	1	台	激光雷达定位采集设备
往届遗留	Realsense 深度相机	4	台	用于工程机器人定位图像采集设备
往届遗留	海康威视USB 相机	1	台	雷达定位图像采集设备
往届遗留	RED Vision 相机	1	个	雷达定位图像采集设备
往届遗留	USB 相机	2	个	飞镖测试图像采集设备
往届遗留	nvidia xavier nx	6	台	车载运算平台
往届遗留	intel NUC11	1	台	车载运算平台
往届遗留	便携装甲板	2	个	便于自瞄调试工作
往届遗留	卷尺	3	个	测距验证
往届遗留+本赛季购买	USB 转接头	若干	个	防止运算平台接线时接口受损
往届遗留+本赛季购买	USB 转接线	若干	根	运算平台接线延长或转接
往届遗留	HDMI 线	若干	根	用于连接显示器
往届遗留+本赛季购买	网线	若干	根	用于远程连接车载运算平台
往届遗留+本赛季购买	网线延长线	若干	根	防止车载运算平台网口受损
往届遗留+本赛季购买	镜头盖	若干	个	保护相机镜头
往届遗留+本赛季购买	镜头固定螺丝	若干	个	固定镜头焦距与光圈
往届遗留	三脚架	1	个	支撑雷达相机
往届遗留	相机镜头（6mm）	1	个	主要用于步兵、哨兵自瞄相机
往届遗留	思岚S1 激光雷达	5	个	用于哨兵机器人建图

4.2.2.4 运营组物资

运营物资有部分物资如帐篷、易拉宝等物资为往届遗留，大部分物资如纪念品、宣传物料等本赛季会重新设计购买。

来源	物资资源	数量	单位	使用计划
本赛季购买	雨伞	50	把	用于比赛、战队交流、校内活动等集体性场合，作为纪念品赠送给其他战队队员或同学。
本赛季购买	手环	100	个	
本赛季购买	队服	50	件	
本赛季购买	帆布包	100	个	
往届遗留	横幅、海报	若干	张	用于战队宣传，助力提升战队整体赛事文化氛围，增强队员荣誉感和获得感，提高赛事影响力。
往届遗留	易拉宝	4	个	用于校内活动举办、外场宣传。
往届遗留	KT板支架	3	个	用于校内活动举办、外场宣传。

4.2.3 加工资源

类别	来源	资源描述	初步使用计划
加工资源	广州拓璞集团有限公司	由赞助公司给出优惠价格进行 cnc 加工件的制作	用于加工复杂机加工件
	淘宝店铺加工	常用店铺包括： 1.铝方管定制-振心金属。 2.碳纤维板加工店家-河北多点碳纤维 3.螺钉螺母等紧固件店家-固万基，以瑟，金超。 4.齿轮齿条同步轮等传动部件-广发传动。 5. 各类轴承-深圳大山轴承 6. 3d 打印-深圳	机械组主要加工手段，完成大部分材料加工工作。
	印制电路板	常用店铺：嘉立创	电控组主要通过线上代加工印制电路板。
	学校创客中心，智能感知实验室	学校教室配备的高精度 3d 打印机，经过申请可以随 时使用	验证机的打样，测试机构时需要的零件

5. 宣传及商业计划

5.1 宣传计划

（一）宣传大赛文化，扩大赛事影响力

宣传 RoboMaster 机甲大师高校系列赛事与大赛文化，提升赛事在学校中的影响力，传播 RoboMaster 大赛文化，将赛事愿景、赛事宗旨与赛事理念融入战队的宣传与运营，努力在校园以及更大的范围内宣传 RoboMaster 赛事文化，扩大赛事在青年大学生群体中的影响力与知名度，吸引更多的学生与青年工程师关注 RoboMaster 系列赛事，并在宣传过程中扩大战队的规模与实力。

（二）提高战队知名度，形成战队宣传路线

以大学校园为主要宣传阵地，提高北极熊战队的知名度，通过对战队文化的创新建设与不断宣传，实现战队软实力的增长，并不断开拓发掘北极熊战队在新媒体平台的潜力，通过稳定且持续的原创内容产出扩大战队的影响力，同时期望形成一个较为成熟战队宣传与文化建设路线，让后续的宣传工作可以在一个有序良好的情况下进行，实现战队知名度提高的良性循环。

（三）建设战队文化氛围，丰富队内文化生活

RoboMaster 机甲大师高校系列赛事是以青年大学生为参赛群体的机器人赛事，本身有着传承近十年的赛事文化基础，战队宣传工作应充分体现人文关怀，以赛事文化为基础，形成北极熊战队的文化氛围与特色，在紧张充实的备赛中进行战队内部的宣传工作，疏解备赛的焦虑紧张情绪，同时也会提高备赛的效率与队员间的熟悉度，打造战队的集体荣誉感和文化归属感，最终使北极熊战队成为一个有凝聚力和向心力的团队。

（四）记录战队备赛进展，保存战队日常积累

每赛季的备赛与研发都是一个长期的过程，其中必然有着进度推进的差异和战队成员的变动，宣传运营工作也应当记录并保留该部分的档案和资料，适时的记录是丰富战队日常积累与形成良好战队文化的必由之路，必须通过丰富自身积累增强自身软实力底蕴；充分的记录也是检查进度和自查的重要依据，有利于战队定时的总结和下一阶段的规划。

5.1.1 宣传指标

平台	账号名	2023 赛季实际情况			2024 赛季预期		
		曝光总量	内容数量	平均曝光量	曝光总量	内容数量	平均曝光量
公众号	深北莫青年汇	1300	3	430	5000	10	500
公众号	北极熊计划				2000	5	400
公众号	北极熊创新创业	300	1	300	4000	20	200
哔哩哔哩	北极熊计划				2000	10	200

5.1.2 宣发内容

平台	内容	计划	预期效果
微信	1. 战队进展 2. 战队事务 3. 战队介绍	1. 战队进展：以月为单位进行战队备赛的记录与更新，特殊备赛节点进行高频更新，以中期考核为第一个重要节点，一直持续到全国赛，并且配合相应的摄影或视频，制作原创的封面。 2. 战队事务：如战队组织的活动情况与活动宣传，并注意赛务相关的宣传工作，如第一届深北莫 RoboMaster 校内赛的进展。 3. 战队介绍：以车组为单位进行成员的介绍和对应机器人的简单介绍，以简洁高效的方式对战队的情况进行宣传介绍，是外界了解战队的直接方法，将在 11-12 月期间完成。	提高微信公众号的订阅人数，在本赛季内实现 100 人次的订阅人数增长，原创内容总数突破 15.

B 站	<p>1. 战队日常</p> <p>2. 原创视频</p> <p>3. 技术培训教程</p>	<p>1. 战队日常：战队日常将以 Vlog 或搞笑视频等的短视频方式呈现，基础指标为 1 条/月，在此基础上会根据当月情况进行调整。</p> <p>2. 原创视频：将以长视频为主，如宣传视频、采访视频、记录视频等，将以展现战队文化为主要目的，初定为赛季重启视频、新年度赛季宣传视频、老/新队员采访视频、分区赛宣传视频，战队介绍记录视频等。</p> <p>3. 技术培训教程：如各技术组的培训视频与图文资料等的教程，将以录像的形式发布，提升账号内容的知识密度。</p>	<p>实现 B 站账号的粉丝量破千（这赛季初建立，单年涨粉 100 以上），并在总播放量上突破 4000，实现在本学校相关内容中有稳定的播放量来源。</p>
线下	<p>1. 校内外场宣传</p> <p>2. 校内活动宣讲</p> <p>3. 校内展示</p>	<p>校内外场宣传：将结合目前的实际情况与防疫政策，尽可能地在举办活动时配合相应的外场宣传，</p> <p>例如本赛季的招新活动</p> <p>1. 校内活动宣讲：通过组织活动宣传活动的方式提高宣传效果与宣传受众，结合线上线下的方式</p> <p>2. 校内展示：以开放日为主要形式，通过实操的方式提高宣传效果</p> <p>上述活动均会设计对应的外场海报进行宣传</p> <p>同时在赛季内设计原创的文创产品，对于往年的优质文创产品也进行订做，预计在本赛季内至少出品 4 种新的文创产品，并更新明信片，以体现 RM 元素或战队特色为要求。</p>	

5.1.3 宣传日程

时间节点	月份	负责人	事件	计划内容	备注
赛季初	9 月	宣传经理	赛季招新	宣传物料打印, 宣传片投放, 线下外场安排	所有物料准备应在 9 月 12 日前完成
备赛期	9 月	队长	战队宣讲	宣传海报制作, 礼品准备	及时预约教室场地
备赛期	11 月	宣传经理	战队介绍	推文编辑, 封面设计	以车组为单位介绍
备赛期	12 月	宣传经理	赛季宣传视频	脚本与素材准备, 剪辑完善	突出赛季主题
备赛期	4 月	宣传经理	战队访谈片	新队员采访, 老队员采访	注意访谈内容的设计和引导
赛期	4-5 月	宣传经理	联盟赛记录与总结	赛况总结编写	提前准备文稿模板
备赛期	5 月	宣传经理	分区赛宣传	区域赛宣传片, 备赛倒计时推文	按照官方宣传要求进行
赛期	5-6 月	运营组长		赛况推文编写	
赛期	7-8 月	运营组长	复活赛/全国赛宣传	赛中线上宣传, 赛况推文编写	
赛季末	8 月	宣传经理	赛季总结	比赛结果宣传	简洁, 参考赛期的宣传进行

5.2 商业计划

商业计划主要服务于战队经费和机器人制作，将以 RoboMaster 商务组制作的《参赛队招商手册》为基础和指导进行商业活动，主要包括招商、对应的宣传配合工作以及对赞助商的权益服务。

5.2.1 招商对象

企业赞助商：各类企业可能有兴趣赞助机器人比赛，尤其是与他们业务领域相关的企业，这有助于它们展示技术实力、提高品牌知名度，甚至寻找创新的解决方案。

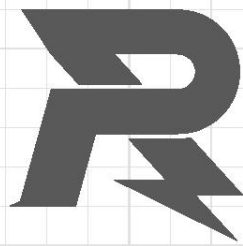
科技公司：具有先进技术和创新能力的科技公司可能对机器人比赛感兴趣，因为这是一个展示其技术水平和吸引人才的机会。

5.2.2 招商方案

首先利用 2023 年的剩余时间进行招商对象的选择和调查，同时完善更新 2024 赛季的战队招商手册，确定具体的招商对象后，由招商负责人编写招商文案并进行海投，实时关注与企业的进展并负责洽谈，说明赞助商的权益与责任，学习往年招商案例或其他战队的招商经验，并尽可能寻找到冠名赞助商或赞助商，以资金或实物的方式进行支持，推进战队研发制造进度。具体招商宣传项目如下表所示，其他未列入上表中的宣传项目可根据具体合作协议确定合作内容。

序号	宣传项目	说明	数量
1	战队冠名权	冠名形式为：北极 XX 战队（XX 为赞助商名称）	1
2	机器人车体广告	参赛机器人上贴装赞助商指定的广告内容。	2
3	队服广告	队服印刷信息位置包括胸标以及两个袖标，具体形式有待进一步 商议。	3
4	新媒体宣传	在微信公众号、B 站视频号和 QQ 平台上进行推广。	-
5	公众号品牌露	在战队微信公众号中推送企业专属宣传文案，并	-

	出	将赞助商品牌在公众号上露出。	
6	遥控器标识	操作手的遥控器上贴装赞助商指定广告内容。	1
7	战队顾问	以顾问的身份加入战队，与战队共进退，赛季末可获得属于自己的荣誉证书。	3
8	校内赛宣传	每年战队举办校内赛、校内招新等，可在外场、参赛场地贴装赞助商指定广告内容。	-
9	比赛采访广告	在比赛采访过程中，可以提及赞助商指定内容，具体事项可待商定。	-
10	战队视频广告	在战队视频中可加入赞助商指定广告内容。	-
11	参观宣传	会不定期有参观团队来实验室参观，频率大概是每月 5 次，可在参观团队到来时为赞助商宣传。	-
12	其他途径	可商议。	-



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