

ROBOMASTER 2022
桂林理工大学 Stellaris 战队
高校单项赛-飞镖打靶
赛季规划

Stellaris 战队 编制
2021年12月

目录

1. 规则技术点分析.....	3
2. 技术方案分析.....	3
2.2 机械结构方案设计.....	4
2.2.1 飞镖本体设计.....	4
2.2.2 发射机构的设计.....	4
2.2.3 装填机构的设计.....	4
2.2.4 飞镖发射架的设计.....	4
2.3 硬件方案设计.....	4
2.3.1 硬件整体框图.....	5
2.3.2 单板硬件说明.....	6
2.4 软件方案设计.....	6
2.4.1 发射控制.....	7
2.4.2 角度控制.....	7
2.4.3 姿态调整.....	7
2.5 算法方案设计.....	7
2.5.1 PID 算法:	7
2.5.2 卡尔曼滤波:	7
2.6 测试方案设计.....	8
2.6.1 机械测试方案.....	8
2.6.2 电控测试方案.....	8
3. 项目进度计划.....	9
4. 赛季人力安排.....	10
4.1 团队架构设计.....	10
4.2 团队建设思路.....	12
4.2.1 战队结构.....	12
4.2.2 团队任务架构.....	12
5. 预算分析.....	12
5.1 预算估计.....	13
5.2 资金筹措计划.....	16
6. 技术方案分析参考文献.....	17

1. 规则技术点分析

相比上一个赛季，新赛季的规则对飞镖的重量、尺寸以及运行方式进行了调整。飞镖发射看起来是简单的定点抛物原理，但却给整个团队带来了诸多技术上的难点。而突破这点需要机械、电控、视觉三组结合。

根据飞镖单项赛的规则，操作手需要在 1 分钟内完成飞镖的发射任务，根据最终的前哨站和基地血量判定胜负。对于飞镖来说，其难点在于控制飞镖在空中的运动姿态，再者飞镖并不像其他的地面单位一样具有可移动的视野，并且考虑到打击精准度以及所需打击的建筑物所处的位置不同的问题，单纯的依靠机械的“大力飞砖”很难使飞镖能够拥有相当高的精准度的。根据机器人的制作规范手册中所提，利用视觉辅助飞镖瞄准可以起到制导的效果，并且想要打击不同的位置的装甲需要调整发射架的 pitch 轴和 yaw 轴，此外，若飞镖在空中的飞行姿态可以通过软件进行调整，将可以大大提高飞镖的精准度。若技术成熟，飞镖的发射和打击的精准度将能极大的提升。

2. 技术方案分析

机械

飞镖机器人作为建筑物的致命杀手，如果技术成熟队伍实力将得到极大的提升。在上个赛季的赛场里也观察过其他队伍的飞镖机器人。其中最具参考意义的是每个飞镖机器人的发射机构所用的动力原理。基本上以摩擦轮或皮筋为动力，上个赛季中，我们所使用的是皮筋，但是效果极差，后坐力大，普通机械结构并不能满足要求，当皮筋拉紧后，还具有极高危险性；进度难以调整，由于皮筋的固定方式一般是绑紧处理，当想做细微调整时，以己方队伍的实际情况，根本做不到精度可控，而且皮筋寿命有限，当换上新的一套皮筋时，落点数据基本要重新测试。所以新赛季将会作出大的调整。

电控

在上一代飞镖中电控方面只在飞镖本体的发射方面做出贡献，但是只是这些贡献对于飞镖来说是远远不够的，飞镖需要对两个建筑物进行打击。飞镖需要的角度和速度是不同的，并且考虑到飞行姿态的问题，该赛季会对飞镖的 pitch 轴和 yaw 轴进行控制。此外，通过总结和分析一些开源资料可以得出，电控飞镖本体是可以通过陀螺仪+舵面或动量轮+陀螺仪进行调整，尽可能达到姿态上的稳定。

2.2 机械结构方案设计

2.2.1 飞镖本体设计

新赛季规则中，飞镖的长度有所增加，通过参考相关书籍得知物体要在空中稳定飞行，长度和尾翼是关键因素，因此本赛季决定将飞镖的长度尽可能的加长。尾翼采用四片单向偏向翼，目的是想飞镖在飞行中，可以达到自旋，以减小空气阻力对飞镖飞行轨迹的影响。由于飞镖的检测模块在飞镖头，想要飞镖头准确撞击装甲板，飞镖重心相对要靠前一些。

2.2.2 发射机构的设计

经过大量的考虑和分析，决定采用电机带动摩擦轮作为飞镖主要动力，电机驱动有较大优势，首先其他机器人主要的动力来源也是电机驱动，因此在调控电机上已经有较为成熟的理论实践经验，所以在调节飞镖落点的时候，可以很好的调节电机转速，以调节落点与发射架的距离。

2.2.3 装填机构的设计

由于飞镖本体的设计几乎与上赛季完全不相同，所以装填机构要重新设计，本赛季采用电机驱动，多连杆连接，达到快速装填的目的，能满足在飞镖闸门打开时，四发飞镖能全部打出，并且不影响飞镖落点。

2.2.4 飞镖发射架的设计

飞镖发射架的设计要满足飞镖初射口瞄准时，能以任意角度调整，pitch、yaw 轴的设计就要更巧妙。而且在赛场时，机器人要多次搬运，所以对发射架的稳定性要求也高。另外，在将机器人放入飞镖发射仓时，对整个底座轮廓也有要求。

2.3 硬件方案设计

飞镖的上层硬件为：

1. 4 个（两组）摩擦轮
2. 4 个 40A 航模电调

3. 1 块主控板
4. 1 块分电板
5. 1 个 DR16 接收器

飞镖的下层硬件为：

1. 2006 电机（pitch 轴）
2. 一个电池
3. 裁判系统主控
4. 裁判系统电源管理模块
5. 一块分电板

飞镖底层硬件为：

- 6623 电机（yaw 轴）

2.3.1 硬件整体框图

整体的硬件部分为以主控板为中心，分为上中下三个部分，上层通过分电板连接四个摩擦轮、四个航模电调、一个主控板，以及一个 DR16 接收器。中层和下层共用一个分电板，分别与发射架的 pitch 轴和 yaw 轴电机连接再加上一个裁判系统电源管理模块，与裁判系统的主控和电源并接。

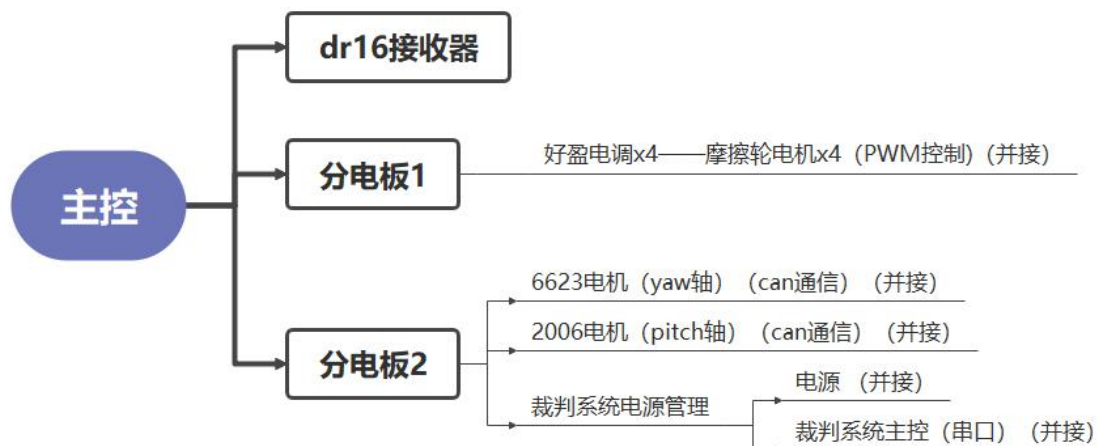


图 2-1 硬件整体框图

2.3.2 单板硬件说明

该赛季飞镖将会用到的单板硬件有 4 个，具体为：主控板 1 块、分电板 2 块，电研电调 6 个。

具体情况如下：

单板	设计需求	风险评估
主控板	飞镖的控制涉及到了 can 通信，PWM 控制，串口通信，因此，所设计的主控板必须具备以上的功能。	电路设计不好可能会到时信号出现波动，从而导致电路板出现不可预测的问题
自研电调	拥有极高的集成度、极准确的故障反馈能力和可靠的故障保护能力、通过 SPI 总线可配置 4 种 PWM 工作模式、可查询故障信息。	电路设计不好可能会到时信号出现波动，从而导致电路板出现不可预测的问题
分电板	飞镖的体积相对较大，并且各个电机的分布并不均匀，考虑到线的长短情况，选择分电板可以减少接线，减少线路短路的可能。	可能存在线路断开的情况

表 2-1 硬件说明表

2.4 软件方案设计

依据该赛季的规则、学习开源软件方案以及上个赛季我们战队自己所写软件，进行对比之后所得出的软件的设计方案可以分为以下几个部分：1. 发射控制 2. 角度控制 3. 姿态调整。

硬件平台：STM32F427 系列的主控板。

2.4.1 发射控制

该赛季，我们分析总结了多个学校的飞镖设计方案，发现一些学校所使用的发射方式为：采用摩擦轮多级加速的方法为飞镖提供初始速度。这种发射方式的好处为：与其余兵种的发射机构类似，相比原来用皮筋发射，现在的方案通过摩擦轮来带动飞镖能够让其的初始速度更加的稳定。飞镖的填充采用逐个向前推进的方法，此时需要一个电机作为主动力带动连杆去推动飞镖本体进入摩擦轮。

2.4.2 角度控制

角度控制需要考虑到飞镖所要击打的目标位置并不固定，且考虑到需要测试不同角度的发射精准度，因此需要改变发射架的 pitch 轴的角度和 yaw 轴的角度以达到一个适合的角度去击打目标，因为 pitch 轴和 yaw 轴用电机控制的方式已经是非常成熟了，所以 pitch 轴和 yaw 轴的角度通过控制电机的编码值的方式或陀螺仪控制模式进行控制。

2.4.3 姿态调整

通过分析和总结了一些优秀开源，发现了一些学校采用动量轮去调整部分轴的角度，硬件平台为 STM32F401 系列主控板，采用的方法为 PID 串级控制的方法，使用陀螺仪作为反馈量，因此串级 PID 外环的反馈为四元素，内环的反馈为角度，如果陀螺仪的解算数据是正确的，该方案的可行性将会大大提升。

2.5 算法方案设计

2.5.1 PID 算法：

对于控制算法，最经典的仍然要数 PID 控制算法，PID 算法在 pitch 轴和 yaw 轴的控制上已经是非常成熟了，因此 pitch 轴和 yaw 轴仍然选择该控制算法，装填电机的控制算法为单闭环的 PID 控制。

2.5.2 卡尔曼滤波：

考虑到当前陀螺仪数据不稳定的问题，通过参考一些开源资料之后发现卡尔曼滤波是一种优化估算算法，可以预测并调整我们所需要的参数，能够让数据的传输得更加精准和稳定，

对于稳定飞镖发射的初始角度具有很大的帮助。

2.6 测试方案设计

2.6.1 机械测试方案

先进行发射机构和飞镖本体的一系列测试，主要采用控制变量法，包括电机的转速、发射平面相对地面的俯仰角、摩擦轮的间距、飞镖外形和重量重心的差别对大致落点的影响，最初的测试可先不装载装填机构，可手动简单装填飞镖。从而确定发射平面的大致角度、各机构较优的发射状态。

再进行底盘、装填机构、发射机构的组装，搭建模拟前哨站和模拟基地，充分模拟赛场环境，进行大量测试、调整。结合电控组调节设计整体发射架 P、Y 轴的精度控制，可达到临场快速调整的目的。

2.6.2 电控测试方案

2.6.2.1 pitch 轴、yaw 轴

pitch 轴和 yaw 轴的测试方式较为简单，在发射架未完成时先进行空载调试，通过串级 PID 进行控制，观察电机是否能完成相应的角度变化，待发射架测试模型完成之后则在发射架上进行 PID 的整定。

2.6.2.2 装填电机

装填电机采用的是单环控制，同样的需要考虑电机在空载的情况下控制电机转动，之后在测试模型上进行转速的调整，整定出合适的参数去控制电机的转速。

2.6.2.3 姿态调整：

（参考开源的测试方案）

动量轮控制参数调试

将电控飞镖通过绳索吊起并使其平衡，让电机从最低转速切换为最大转速，分别测量了 Pitch 轴和 Yaw 轴的角度变化量分别为 50° 和 80° ，确定了动量轮控制姿态的控制量满足需求。

动量轮控制参数调试

为了方便测试参数我们使用一个 3D 打印的小架子配上轴承零件夹持电控飞镖，不断调整夹持点实现完全配平，然后调成串级 PID 参数，使得飞镖自稳轴出现 10° 左右角度偏差时有较短的调整时间。

3. 项目进度计划

具体计划如下：

时间	任务	
	机械	电控
2021. 10. 1- 2021. 11. 1	设计制作测试飞镖发射架, 验证 P、Y 方向调整机构	根据机械组设计的方案编写代码, 并在测试飞镖发射架制作完成后参与调试测试
2021. 11. 02- 2021. 12. 1	设计飞镖发射机构以及装填机构	利用测试飞镖发射架进行代码的测试、同时编写发射机构和装填机构控制代码
2021. 12. 2- 2022. 1. 1	根据飞镖发射架的测试结果, 设计新发射架, 同时对设计结构进行有限元分析与运动学仿真	编写飞镖发射架控制代码
2022. 1. 2- 2022. 1. 16	采购物料、加工零件、组装、测试	参与飞镖的组装, 测试, 组装完成后烧录代码测试、调试
2022. 3. 1- 2022. 3. 10	根据上学期的测试结果, 设计新的结构	与机械组进行联调、测试
2022. 3. 10-	新机构采购、加工、组装	调试、将飞镖机器人调整至最佳状

2022. 3. 31		态
2022. 3. 31- 2022. 4. 30	进行大量模拟发射	根据飞镖机器人的结构，调整机器人
2022. 4. 30- 2022. 6. 1	根据模拟结果，进行细微调整，提高准确度、命中率	根据机械组改进方案、修改控制代码
2022. 6. 1-南部区域赛	培训云台手，参与战术安排	与机械组联调、测试

表 3-1 项目进度计划表

4. 赛季人力安排

由于具有经验的老成员的流失较为严重，因此必须选出对飞镖有浓厚兴趣，可以投入时间精力并且有能力进行设计和制造以及进行调试的成员。该赛季飞镖组由 3 人组成，分别是机械组 1 人，电控组 1 人以及一名顾问组成。

4.1 团队架构设计

角色	职责职能描述	人员要求	人数
指导老师	1、对战队发展方向提出指导性意见； 2、提供比赛资金、技术、报销、场地以及外联支持。	1. 拥有良好的知识储备，能够为队员提供一些技术的指导，具备管理能力； 2. 能够为获取比赛所需的物资或申请场地等提供各种途径的帮助。	1 人
队长	2、负责整个赛季重要	1. 需要有充足的时间	1 人

角色	职责职能描述	人员要求	人数
	事件节点的把控； 3、做好队伍未来规划； 4、统筹队伍人力、物力，进行监督指导。	和精力； 2. 具备规划能力，需要了解战队的优势和劣势，提出合理的方案去提升战队能力。 3. 具备战队统筹和人员分工以及和指导老师对接的能力。	
项目管理	1、协同各组制定研发计划，并做好时间规划； 2、把控整体队伍研发方向及进度； 3、协调各组人力、物力，进行合理的资源分配； 4、进行队伍日常考核、队伍考勤等工作。	1. 具备良好的人际关系； 2. 具备统筹分配资源的能力； 3. 具备规划能力，需要了解战队的优势和劣势，提出合理的方案去提升战队能力； 4. 具备一定量的其它组的知识，能够与其它组的成员进行沟通交流。	1 人
顾问	1、提供技术经验支持、活动举办支持、运营经验传授； 2、进行迭代，整理技术和运营管理上存在的漏洞。	1. 需要有足够的理论知识和实践经验； 2. 能够给予参赛队员技术、管理、战术上的指导及经验传授。	1 人

角色	职责职能描述	人员要求	人数

表 4-1 团队架构设计表

4.2 团队建设思路

4.2.1 战队结构

stellaris 战队的框架结构简单明了且层次清晰总体分为三大部分，指导老师、顾问、以及参赛队员。参赛队员由队长以及项目管理组成，其任务为制定以及组织安排比赛的各种事宜。由机械组、电控组组成。分别负责机器人机械结构的设计和制作，控制层代码的编写及调试。战队成员均由具备扎实的专业知识，且能为战队做出贡献的成员组成。

4.2.2 团队任务架构

新赛季下，战队面临着新老交替，存在着有经验的老队员流失的现象，因此培养新队员接班的任务变得尤其重要。所以，我们战队所实行的是兵种分组制度，一个兵种由机械组、电控组、视觉组、硬件组的固定的几个成员负责。并且每个小组中会有一到两位拥有扎实的理论基础以及实践经验的老队员担任顾问。实行兵种分组制度有以下几点好处：

- (1) 有固定的几个人负责一个兵种类似于专业化，这种方式可以让研究变得更深入，可讨论空间会变得更大，能够加快兵种的制作进度。
- (2) 在该兵种出现问题时可以最快速的找到相关负责人去处理问题
- (3) 每个兵种都会有一名老队员，老队员的存在不仅可以帮助新队员处理一些较棘手的问题，而且可以帮助新队员快速成长，并且熟悉该兵种的机械结构、电控知识及视觉知识。

5. 预算分析

机械：

机械方面的主要花费为整个机器人的机械结构用料，包括若干不同类型的电机、配备的玻纤板、以及构成整个架子的金属构件，例如控制 p、y 轴的丝杆、光杆、方铝管等。次要的损耗和迭代结构也预计花费不少，例如测试场地，由于飞镖为 3D 打印制成品，由发射架发出后，上升一定的高度后再击中落点，此过程飞镖极易损坏；以及要充分模拟场地，但是只是测试，还要将飞镖回收再次利用，就需要布置软地面，以保证飞镖掉落时，结构不受损坏；还有部分 3D 打印结构，这都会消耗不少的打印材料；飞镖本体的迭代和测试，也将花费大量的打印材料。

硬件：

自研电调：

主控采用 STM32G474，该芯片集成有等效 5.4GHz 的高分辨率定时器、突发模式控制器、数学加速器、DSP 以及各种模拟外设，是专门为数字功率变换设计的 MCU。(120 元×1) 驱动采用 DRV8301，DRV8301 是专门的智能三相半桥驱动器。集成有三通道电流检测放大器、最高 60V 输入的 buck 辅助电源方案，通过 SPI 总线可配置 4 种 PWM 工作模式、可查询故障信息。拥有极高的集成度、极准确的故障反馈能力和可靠的故障保护能力。功率 MOSFET 采用 IRF7480。其导通电阻低至 1.2mΩ，连续漏源电流可达 217A，且 DIRECTFET 的封装形式拥有极好的散热性能。(15 元×6 个)

5.1 预算估计

类别	所属模块	物资类别	工艺类别	市场参考价	物资单位	单个机器人所需数量	总价
飞镖	固定底座	3510 电机	官方成品模块	499	个	6	2994
		底下环氧板	2D 雕刻	60	个	1	60
		Y 形电机座	2D 雕刻	75	个	1	75

	铜柱	机械标准件	60	个	1	60
	32905 轴承座	2D 雕刻	85	个	1	85
	Y 轴轴套	2D 雕刻	32	个	1	32
	260 方铝管固定片	机械标准件	45	个	4	180
	Y 轴固定角件	2D 雕刻	60	个	2	120
	Y 轴固定玻纤板	2D 雕刻	60	个	2	120
	P 轴电机座	2D 雕刻	60	个	1	60
	P 轴轴承座	2D 雕刻	60	个	1	60
	法兰挡圈 F6902ZZ	2D 雕刻	80	个	1	80
	支撑架连接碳板	2D 雕刻	60	个	1	60
	P 轴轴承接块	车&铣	150	个	2	300
	P 轴电机接块	车&铣	150	个	2	300
	后尾固定碳板	2D 雕刻	60	个	1	60
	后尾固定碳板轴承座	2D 雕刻	60	个	1	60
	后尾轴套	2D 雕刻	60	个	2	120
	后尾固定碳板	2D 雕刻	60	个	1	60
	3508 电机	官方成品模块	499	个	1	499
	联轴器	机械标准件	90	个	2	180

		前固定碳板	2D 雕刻	60	个	1	60
		前固定碳板轴承座	2D 雕刻	60	个	1	60
		铝柱	机械标准件	120	个	1	120
		后尾轴套	2D 雕刻	60	个	1	60
		主控板承接版	2D 雕刻	60	个	1	60
		卡簧	机械标准件	75	个	1	75
		螺栓	机械标准件	52	个	1	52
		前固定板	2D 雕刻	60	个	1	60
	旋转架	前固定板-皮筋扣	2D 雕刻	60	个	1	60
		挡板-气缸	机械标准件	90	个	1	90
		后挡板	2D 雕刻	60	个	1	60
		铝柱	机械标准件	90	个	1	90
		气缸	机械标准件	90	个	1	90
		触发件	2D 雕刻	60	个	1	60
		直线轴承	机械标准件	50	个	4	200
		挡块	2D 雕刻	60	个	4	240
		铝柱	机械标准件	110	个	1	110
		螺母	机械标准件	80	个	1	80
	飞镖	触发装置	非官方成品模	40	个	4	160

			块				
		飞镖机身	非官方成品模块	45	个	4	180
						合计(单台)：	7532

表 5-1 预算估计表

5.2 资金筹措计划

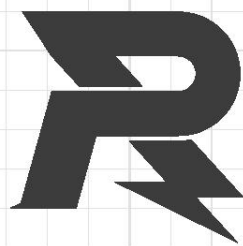
来源项	预计金额	筹措思路
学院学科竞赛资金	9000	向学院申请学科竞赛的资金
招商赞助经费	5000	向赞助商介绍我们的比赛项目，让其了解我们目前所处的水平，以及获得过的奖励

表 5-2 资金筹措计划

6. 技术方案分析参考文献

参考文献	收获点分析
<p>https://pan.baidu.com/s/1Rk1wyIEZpDb9Y33YcZp21Q 提取码: SCUT</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解到使用摩擦轮多级加速的的发射方式, 该发射方式与我们过去的使用皮筋的发射方式相比, 落点、初始速度以及角度更加稳定。 2. 通过动量轮去调整电控飞镖本体的飞行姿态, 动量轮对本体输出力矩实现部分轴的姿态调整, 通过 PID 的串级控制将飞行姿态进行调整可以让飞镖的精准度大大提升。
<p>https://pan.baidu.com/s/14PEBUBKX-uZQ5C6GKTingQ 提取码: 2021</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 根据该开源重新考虑了飞镖本体的设计, 对飞镖的长度和重心重新做了调整, 物体要在空中稳定飞行, 长度和尾翼是关键因素, 本赛决定将飞镖的长度尽可能的加长。

表 6-1 技术方案分析参考文献表



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镇茶光路1089号集成电路设计应用产业园2楼202