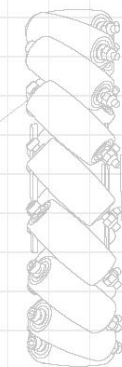


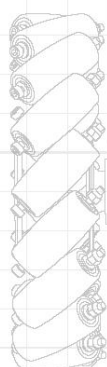
V1.0

Using a 55-56 motor driver cable and Field-Effect Transistor (FET), the RoboMaster C830 Brushless DC Motor Speed Controller enables precise control over motor torque.



Especially designed for the RoboMaster M8301 P180 Brushless DC Motor and C830 Brushless DC Motor Speed Controller, the M8300 Accessories Kit includes universal cables and a terminal block.

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



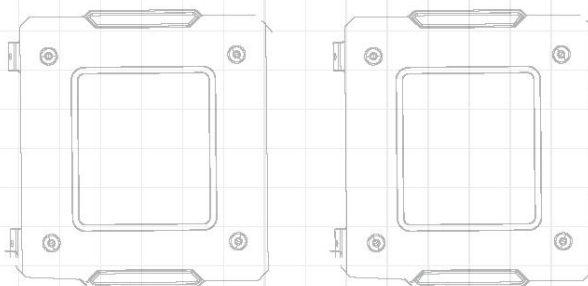
The M8300 Accessories Kit includes universal cables and a terminal block, enabling a complete on-board control system by four independent motors.



第二十一届全国大学生机器人大赛 ROBOMASTER 2022 高校单项赛

赛季规划

RoboMaster 组委会 编制
2021年 11月 发布



目录

1. 规则技术点分析	4
1.1 规则改动.....	4
1.2 技术突破.....	4
2. 技术方案分析	5
2.1 机械结构方案设计.....	5
2.1.1 发射架.....	5
2.1.2 飞镖设计.....	9
2.2 硬件方案设计.....	13
2.2.1 硬件整体框图.....	13
2.2.2 单板硬件说明.....	14
2.2.3 重要传感器选型说明.....	15
2.3 软件方案设计.....	16
2.3.1 软件系统构架.....	16
2.3.2 通信链路设计.....	16
2.3.3 软件调试方案.....	17
2.4 算法方案设计.....	18
2.4.1 PID.....	18
2.4.2 运行逻辑.....	21
2.4.3 电机 PID 控制原理.....	21
2.5 测试方案设计.....	23
2.5.1 机械结构测试.....	23
2.5.2 电控测试.....	23
3. 项目进度计划	32
4. 赛季人力安排	33
4.1 团队架构设计.....	34
4.2 团队建设思路.....	35
5. 预算分析	35
5.1 预算估计.....	36
5.2 资金筹措计划.....	37
6. 技术方案分析参考文献	37

1. 规则技术点分析

1.1 规则改动

1.调整飞镖的重量和尺寸。

在 2022 赛季飞镖的最大重量由 150 克增长到 220 克，最大尺寸由 200*120*80 变为 250*150*150。在机械设计时可适当的提高飞镖本体的强度，减缓在碰撞过程中造成的损坏。同时最大尺寸的增加，也增加了对飞镖本体的设计空间，大大提高了飞镖击中目标的精准性。

2.规则对比



图表 1

两种比赛均使用同一个场地，我们团队计划采用“快，准”的方式对敌方前哨塔进行攻击。后期在保证飞镖命中率的同时优化发射架使其对敌方基地发起进攻。

快：通过摩擦轮将 4 枚飞镖在 15s 内快速的发射出去。

准：通过修改飞镖结构和多次测试，实现飞镖一击命中的效果。

1.2 技术突破

21 届飞镖存在的问题：

- ①飞镖发射动力不足，导致飞镖飞行距离不够，且精度不高。
- ②飞镖发射时存在卡弹现象，且在短时间内无法处理，错失比赛。

③飞镖理论填装有 2 枚，但在比赛时由于后坐力太强只能发射 1 枚。

22 届飞镖突破技术：

①解决飞镖卡弹现象。由上届靠重力下落填装改为 4 枚飞镖线性排列的方法依次发射，改用滚针滑道减小飞镖与发射架的阻力，从而顺利发射。增大发射架底座与地面的接触面积，同时采用矩形结构来有效处理后坐力问题。

②解决飞镖发射动力问题。本届采用摩擦轮作为飞镖发射动力来源。通过飞镖飞行距离计算出摩擦轮转速及需要的扭矩大小，选取合适的摩擦轮与电机。然后优化飞镖本体的机械结构，使其飞的更远。

③提高飞镖的命中率。后期测试时会根据飞镖的发射情况和飞行数据对飞镖本体进行修改与优化，同时在闲暇的时间研究有关飞镖飞行方面的知识或寻求学长的建议以达到理想的成绩。



2. 技术方案分析

在模型结构或软件算法设计完之后，使用 SolidWorks、ANSYS 等分析软件对模型的结构、一些重要的数据进行分析处理，通过理论分析成功的模型结构或软件算法再进行实践操作，再根据实践来调节更改最终飞镖系统。

2.1 机械结构方案设计

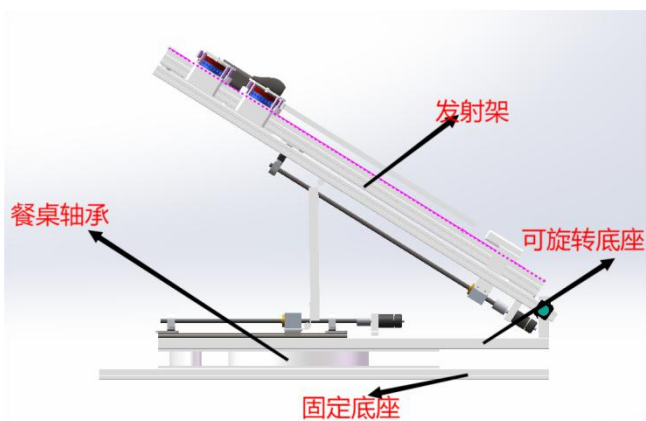
2.1.1 发射架

- 需求分析：发射架需具备有自主调节角度（依靠激光定位调节对前哨站和基地的角度）、进行飞镖发射、装载飞镖、底座固定
- 结构方案设计：

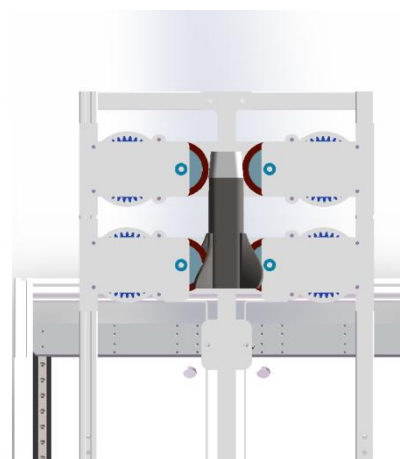
1.

<p>固定底座</p>	<p>通过电磁铁固定在滑台上，后续实物搭建好后会确定出固定底座在滑台上的位置，在赛前测试的时候可以确定飞镖飞行路径和发射架的俯仰角和偏航角，便于在比赛的时候可以在 2 分钟内更好的调对发射方向。</p>
<p>可旋转底座</p>	<p>可旋转底座调节偏航角，在两个底座之间装有角度尺，后续会通过测试记录并确定好方向，方便调整。与固定底座之间通过餐桌轴承连接，既实现固定和支撑作用，也实现了旋转功能。</p>
<p>发射架</p>	<p>含 3-4 组摩擦轮作为飞镖的动力来源。考虑到弹簧的弹性形变和橡皮筋力的不均匀等因素，我们决定先采用摩擦轮作为飞镖的动力部分。通过调节摩擦轮转速来挤压飞镖，使飞镖具有初速度发射出去，然后按照一定轨迹击中目标。后期我们会计算出大概的转速和扭矩，来确定合适的电机(目前选用 3508 无减速电机)。</p>

2. 飞镖架初代制作如下图



图表 2



摩擦轮结构

● 理论分析：

1、由于经验不足，采用齿轮作为传动部分，无法达到飞镖发射所需要的转速，目前飞镖摩擦轮部分还在改进中。

2、飞镖发射初速度：

根据计算的飞镖初速度 $V_0=15\text{m/s}$ 可满足要求。不考虑空气阻力的前提下，推理如下：

已知 $V_0=15\text{m/s}$ 。

当飞镖架角度为 $\theta=25^\circ$ 时， $V_x=V_0\sin 25^\circ =13.59\text{m/s}$ ， $V_y=V_0\cos 25^\circ =6.35\text{m/s}$

当飞镖飞行达到最高时：

$$t_1 = \frac{V_y}{g} = 0.64\text{s}$$

$$x_1 = V_x \cdot t_1 = 8.62\text{m}$$

$$h_1 = \frac{1}{2}gt^2 = 2.05\text{m}$$

之后：

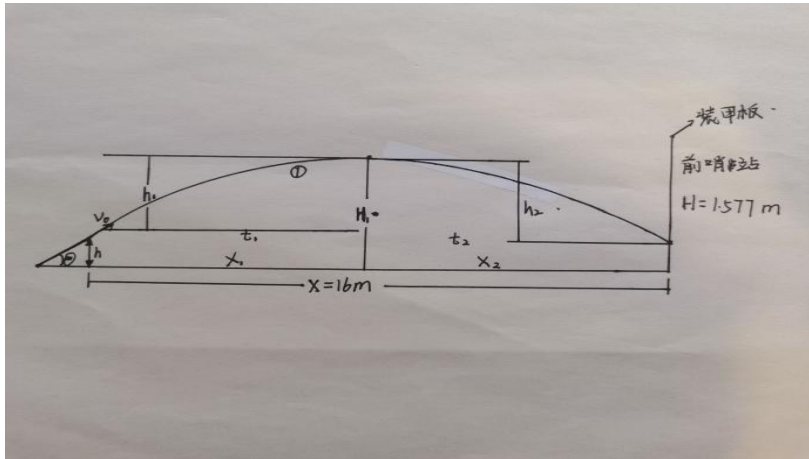
$$t_2 = \frac{x - x_1}{v_x} = 0.54\text{m} / \text{s}$$

$$h_2 = \frac{1}{2}gt^2 = 1.458\text{m}$$

此时飞镖能飞行到前哨站，但只能击中在装甲板的下方。相对高度

$\Delta H=-1.09\text{m}$ 。

如图中飞行曲线①所示：



曲线图 1

当飞镖架角度为 $\theta = 45^\circ$ 时， $v_x = v_0 \sin 45^\circ = 10.61 \text{ m/s}$ ， $v_y = v_0 \cos 45^\circ = 10.61 \text{ m/s}$

当飞镖飞行达到最高时：

$$t_1 = \frac{v_y}{g} = 1.06s$$

$$x_1 = v_x \cdot t_1 = 11.25m$$

$$h_1 = \frac{1}{2}gt^2 = 5.618m$$

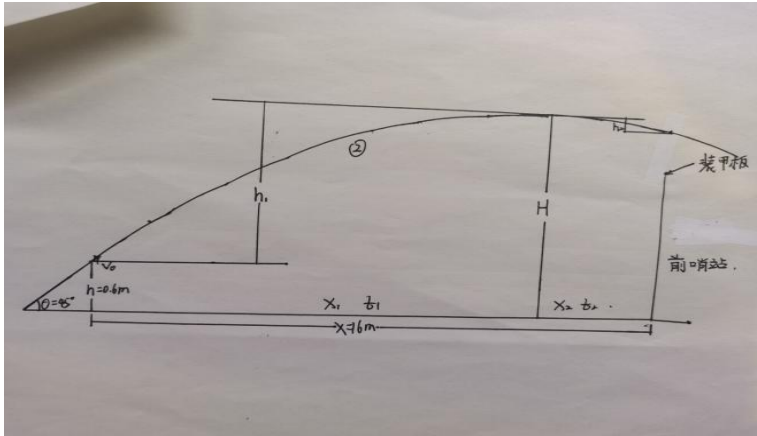
之后：

$$t_2 = \frac{x - x_1}{v_x} = 0.45 \text{ m/s}$$

$$h_2 = \frac{1}{2}gt^2 = 1.01m$$

此时飞镖不仅能飞行到前哨站，还能从装甲板上方飞过。相对高度 $\Delta H = 5.21m$ 。

如图中飞行曲线②所示：



曲线图 2

综上，根据调整发射架角度，可击中前哨站的装甲板。初速度为 15 m/s 满足发射要求。

摩擦轮采用外径为 60mm , $n = \frac{v}{2} \pi R = 477\text{S} - r / \text{min}$, 可选用 3508 无减速电机驱动。

1. 摩擦轮组数：由于我们这届首次采用摩擦轮当动力部分，根据上届其他高校的飞镖经验我们打算先尝试用两组摩擦轮来给予飞镖初速度。后期在测试时会根据飞镖飞行和命中效果再适当增加摩擦轮组。
2. 摩擦轮组位置的确定：我们在设计时会让摩擦轮的位置可以移动，便于在测试时调节摩擦轮之间的距离和对飞镖的挤压程度，达到飞镖飞行和击中的最佳效果。

2.1.2 飞镖设计

● 需求分析：

飞镖本体需求在飞行过程中有优异的飞行性能，针对飞镖的结构提出如下需求：重心前移，需在前端 $2/5$ 处，重心与压心间距不能过小且重心在压心之前

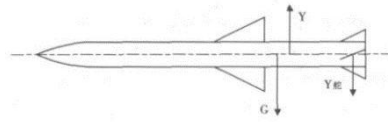


图3 静稳定导弹

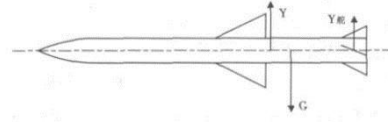
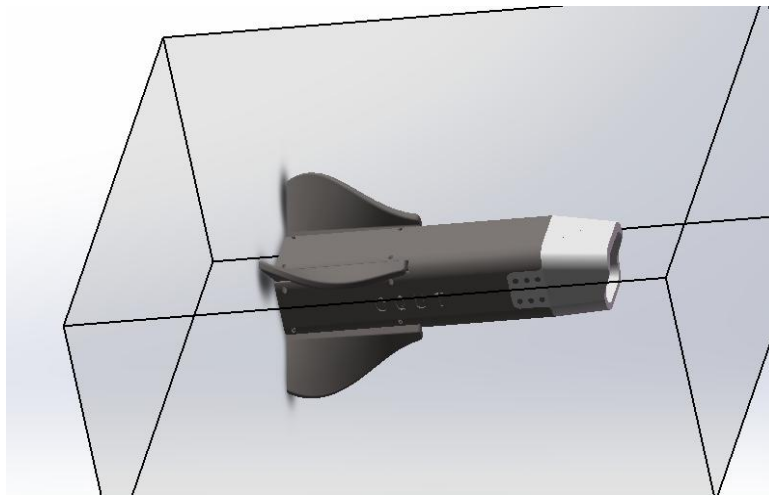


图4 静不稳定导弹 知乎 @NICK周小迪

重心与压心关系及影响

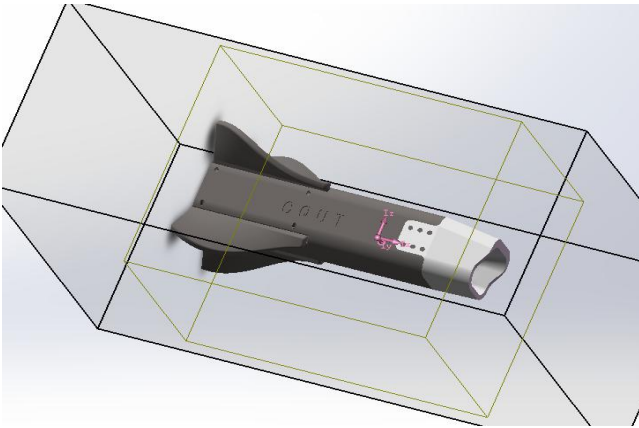
- 结构方案设计：

- 1、划分结构单元（操纵面，安定面，尾翼，飞镖头），了解各个单元之间作用关系
- 2、提高相关知识储备
- 3、飞镖初版制作如图



图表 3

- 理论分析：



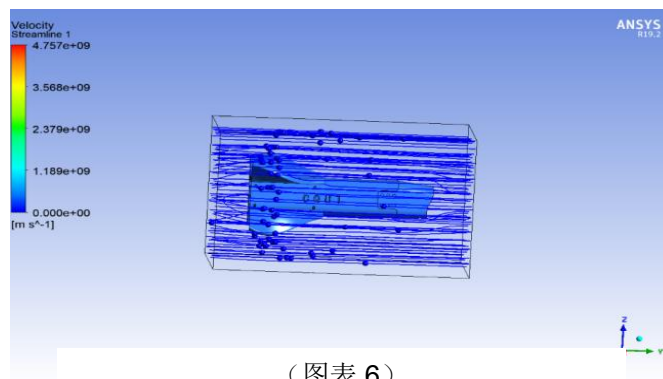
图表 4

质量 = 0.154 千克		
体积 = 100996.884 立方毫米		
表面积 = 58646.483 平方毫米		
重心: (毫米)		
X = 1.645		
Y = 43.744		
Z = 193.838		
惯性主轴和惯性主力矩: (千克 * 平方毫米)		
由重心决定。		
lx = { 0.000, 1.000, 0.003}		Px = 51.170
ly = { -1.000, -0.001, 0.024}		Py = 261.139
lz = { 0.024, -0.003, 1.000}		Pz = 268.007
惯性张量: (千克 * 平方毫米)		
由重心决定, 并且对齐输出的坐标系。		
Lxx = 261.143	Lxy = -0.097	Lxz = -0.168
Lyx = -0.097	Lyy = 51.172	Lyz = 0.550
Lzx = -0.168	Lzy = 0.550	Lzz = 268.002
惯性张量: (千克 * 平方毫米)		
由输出坐标系决定。		
lxx = 6329.695	lxy = 10.960	lxz = 48.829
lyx = 10.960	lyy = 5826.061	lyz = 1303.681
lzx = 48.829	lzy = 1303.681	lzz = 562.496

图表 5

- 1、建模后，利用 sw 建模软件自带的功能对飞镖进行了重心分析（如图）
- 2、使用 ANSYS 对飞镖进行飞行特性的分析

飞行时对空气流体的分析



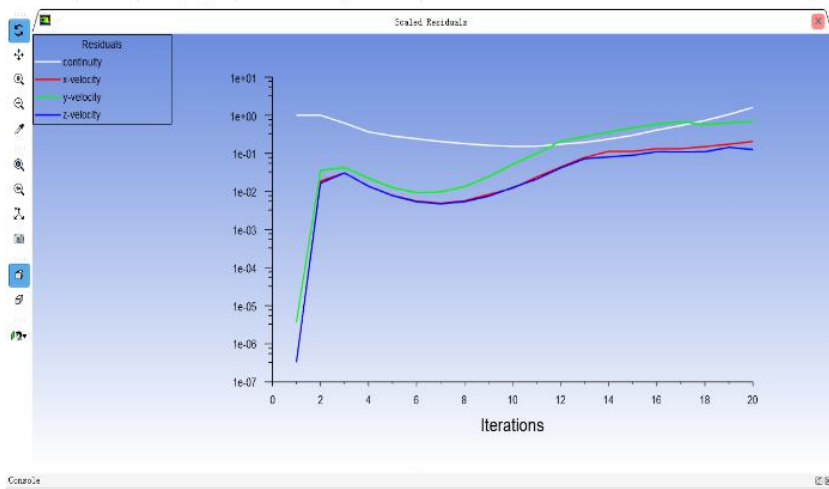
(图表 6)

飞行特性残差曲线图

● 制作实践

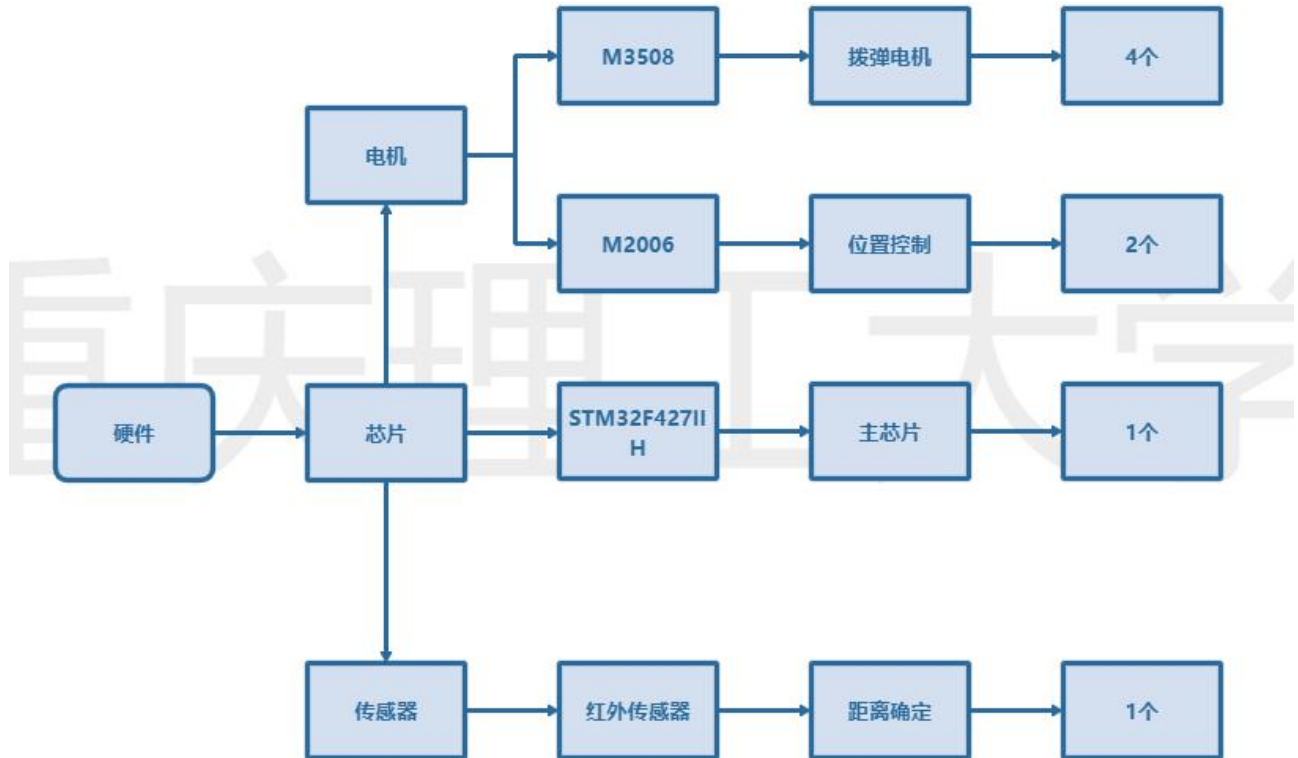
购买零件（待制作）

● 再设计（待进行）

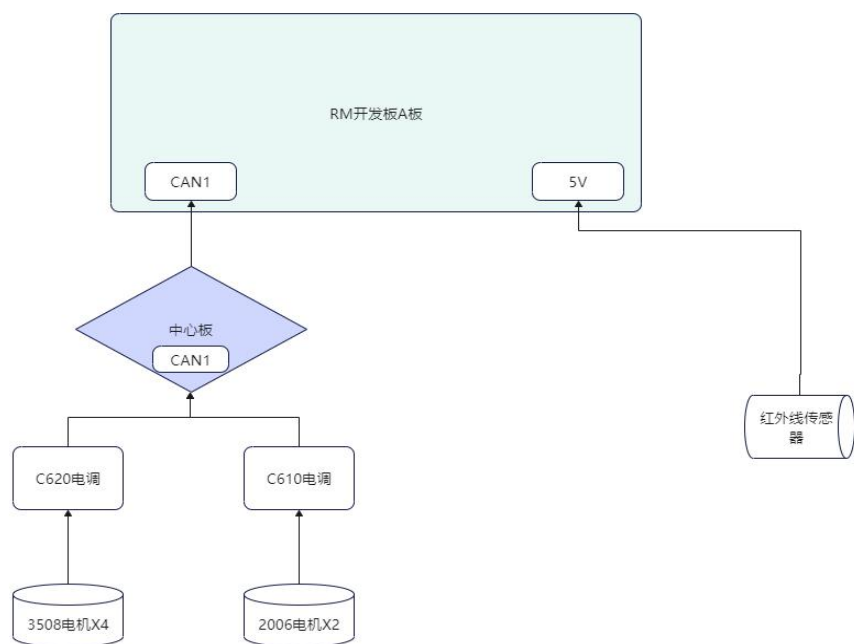


（图表 7）

2.2 硬件方案设计



2.2.1 硬件整体框图

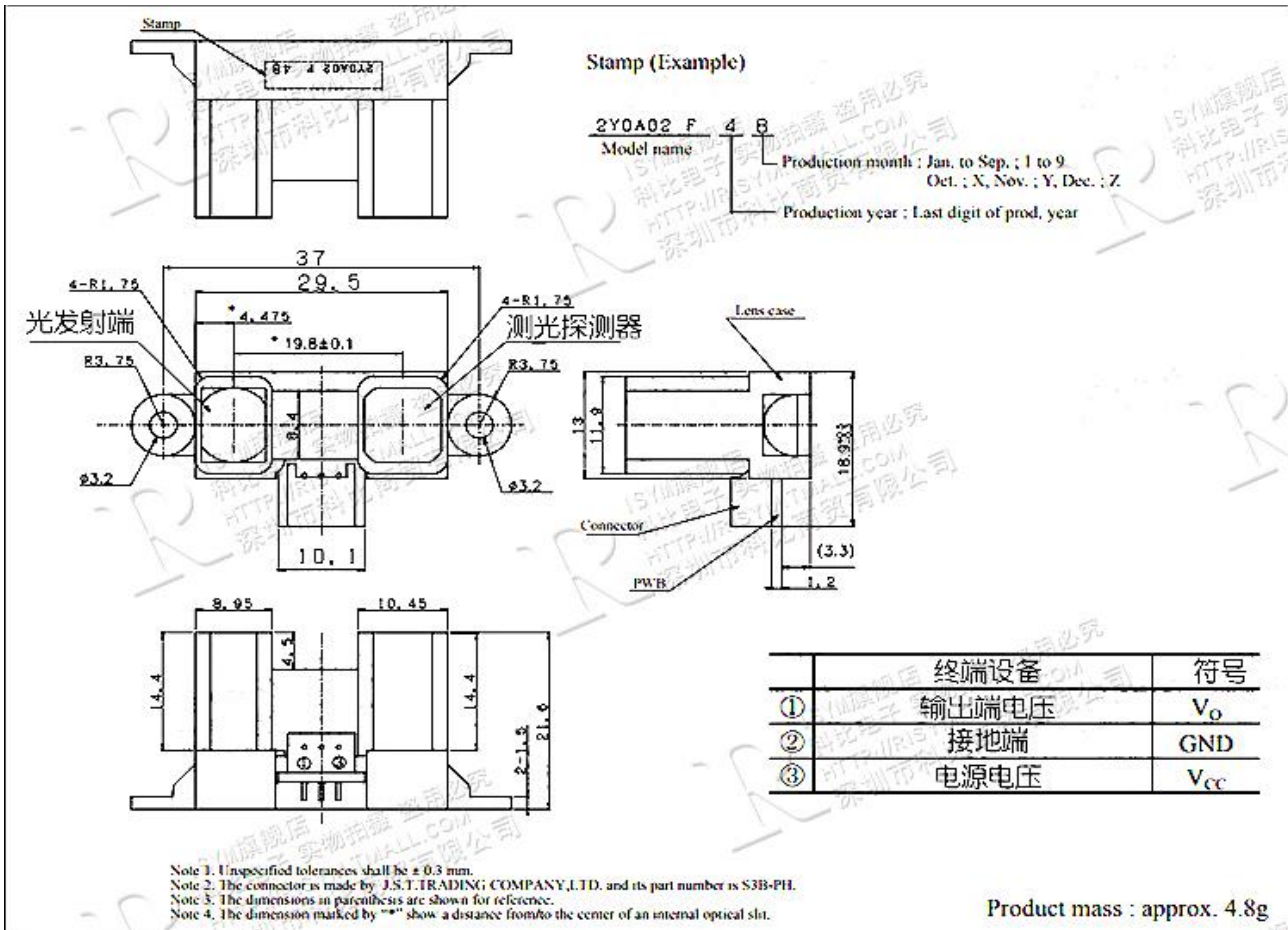


2.2.2 单板硬件说明

单板	设计需求	风险评估
主控制板 RM 开发板 A 型	1、计算并发送控制信号给电机调速器控制相关电机 2、接受遥控信号 3、接受红外距离传感器信号	1、电路板电路短接烧毁 2、通信接口接触不良
电机调速器 RM C610	1、控制电机 M2006 完成规定速度和动作	1、通信接口失效 2、驱动电流过大发烫、导致损毁
电机调速器 RM C620	1、控制电机 M3508 完成规定速度和动作	1、通信接口失效 2、驱动电流过大发烫、导致损毁
RM 电源管理模块 PM02	1、提供 24V 的直流电源输出，监测电流、电压并计算功率。 2、根据服务器指令执行电源输出通断操作。 3、向其他裁判系统模块供电	1、驱动功率过大烧毁
RM 裁判系统主控模块 MC20	1、监控整个系统的运行状态，进	1、无线信号被其他元器件、线路

单板	设计需求	风险评估
	行人机交互, 无线通信, 状态显示	干扰

2.2.3 重要传感器选型说明

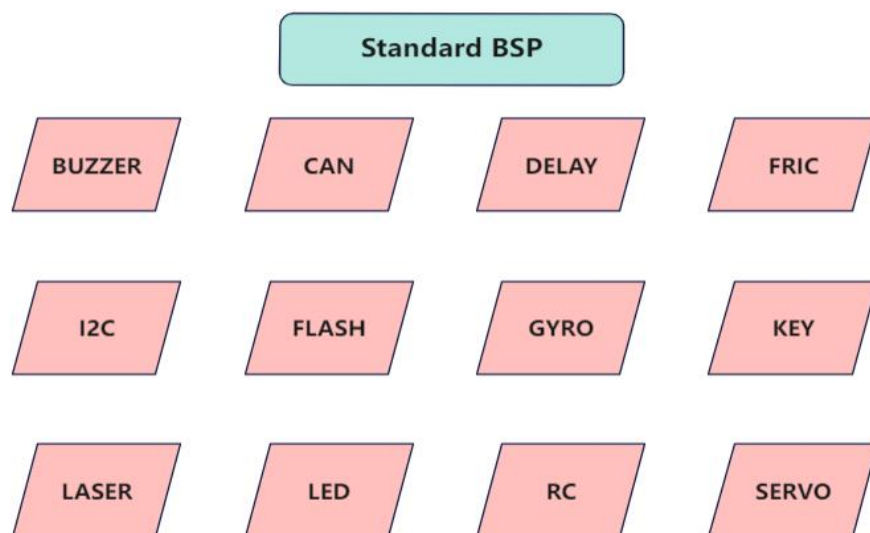


GP2Y0A21YKF 是一款距离测量传感器模块。它由 PSD (position sensitive detector)和 IRED (infrared emitting diode)以及信号处理电路三部分组成。由于采用了三角测量方式,被测物体的材质、环境温度以及测量时间都不会影响传感器的测量精度。传感器输出电压值对应探测的距离。

2.3 软件方案设计

2.3.1 软件系统构架

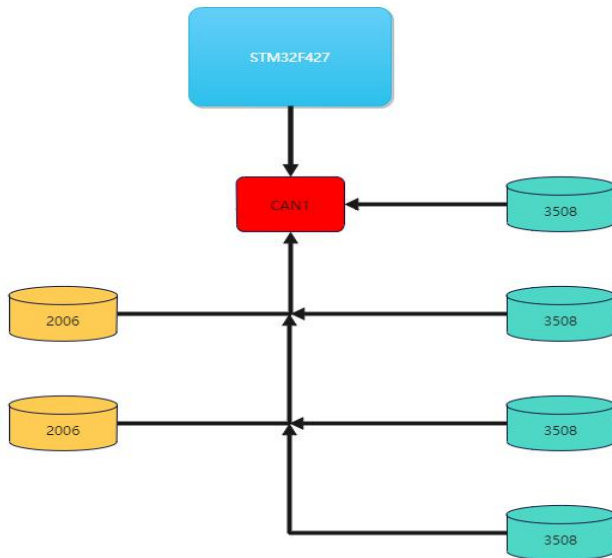
机器人的软件框架如下所示，主要包括 **application** 层和 **BSP** 层。**BSP** 层提供对底层硬件功能的封装，算法层实现姿态解算算法，**PID** 控制算法，**FIFO** 数据结构，常用的滤波算法以及常见的数学处理函数。**Application** 层主要为任务函数实现，包括底盘任务，校准任务，离线检测任务，姿态解算任务等等。



2.3.2 通信链路设计

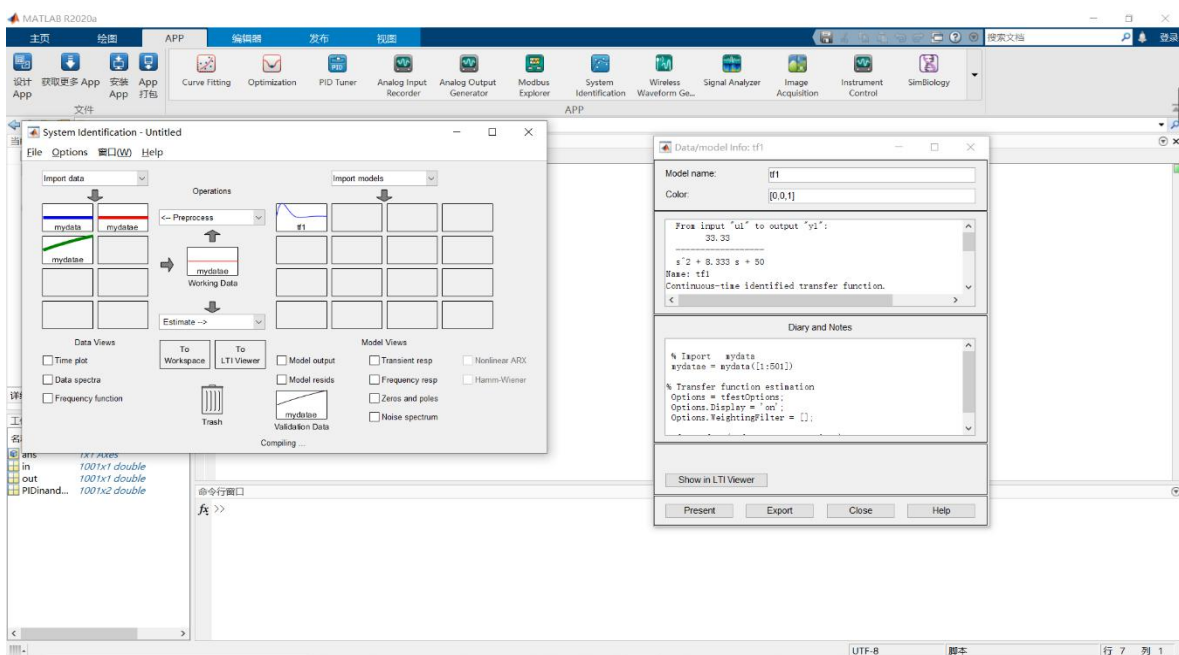
考虑到比赛环境的复杂，各个电机模块之间选择 **CAN** 通讯，因为 **CAN** 通讯具有实时性强、传输距离较远、抗电磁干扰能力强，并且采用双线串行通信

方式，检错能力强，可在高噪声干扰环境中工作。利用裁判系统用户接口进行读取数据，根据通信协议判断舱门状态。



2.3.3 软件调试方案

在调试方面：首先最重要的就是 PID 的调试，我们采用了两种调试方法，一种是在代码中植入一个串口波形软件的代码，将电机的响应速度和波动在软件中反馈出来，通过观察波形的拟合情况进行调参，第二种方法则是采用 MATLAB 进行调试，这种方法可以通过 matlab，辨识出系统的传递函数，找到最理想的 PID 参数。



其优点是节省“盲调 PID”的时间，达到经验调参不能做到的效果，逼近完美。使用 matlab 的 system identification 和 PID tuner app2.simulink。首先得到电机的输入输出曲线（数据），导入 matlab 里面。用 system Identification app 进行系统辨识，得到传递函数，最后用 PID tuner 自动整定 PID 参数。得到合适的 PID 参数。

舱门数据读取：Uart 接口根据官方串口协议进行串口通信。

2.4 算法方案设计

2.4.1 PID

PID 即：Proportional（比例）、Integral（积分）、Differential（微分）的缩写。顾名思义，PID 控制算法是结合比例、积分和微分三种环节于一体的控制算法，它是连续系统中技术最为成熟、应用最为广泛的一种控制算法，该控制算法出现于 20 世纪 30 至 40 年代，适用于对被控对象模型了解不清楚的场合。

实际运行的经验和理论的分析都表明，运用这种控制规律对许多工业过程进行控制时，都能得到比较满意的效果。PID 控制的实质就是根据输入的偏差值，按照比例、积分、微分的函数关系进行运算，运算结果用以控制输出。

K_p ——比例增益， K_p 与比例度成倒数关系；

T_t ——积分时间常数；

T_D ——微分时间常数；

$u(t)$ ——PID 控制器的输出信号；

$e(t)$ ——给定值 $r(t)$ 与测量值之差。

比例：

成比例地反映控制系统的偏差信号，偏差一旦产生，立即产生控制作用以

减小偏差。比例控制器的输出 $u(t)$ 与输入偏差 $e(t)$ 成正比，能迅速反映偏差，从而减小偏差，但不能消除静差。

静差是指系统控制过程趋于稳定时，给定值与输出量的实测值之差。偏差存在，才能使控制器维持一定的控制量输出，因此比例控制器必然存在着静差。由偏差理论知，增大 K_p 虽然可以减小偏差，但不能彻底消除偏差。比例控制作用的大小除与偏差 $e(t)$ 有关之外，还取决于比例系数 K_p 的大小。

比例系数 K_p 越小，控制作用越小，系统响应越慢；反之，比例系数 K_p 越大，控制作用也越强，则系统响应越快。但是， K_p 过大会使系统产生较大的超调和振荡，导致系统的稳定性能变差。

因此，不能将 K_p 选取过大，应根据被控对象的特性来折中选取 K_p ，使系统的静差控制在允许的范围之内，同时又具有较快的响应速度。

积分：

积分环节的作用，主要用于消除静差提高系统的无差度。积分作用的强弱，取决于积分时间常数 T_i ， T_i 越大积分作用越弱，反之则越强。积分控制作用的存在与偏差 $e(t)$ 的存在时间有关，只要系统存在着偏差，积分环节就会不断起作用，对输入偏差进行积分，使控制器的输出及执行器的开度不断变化，产生控制作用以减小偏差。

在积分时间足够的情况下，可以完全消除静差，这时积分控制作用将维持不变。 T_i 越小，积分速度越快，积分作用越强。积分作用太强会使系统超调加大，甚至使系统出现振荡。

微分：

微分环节的作用能反映偏差信号的变化趋势（变化速率），并能在偏差信号的值变得太大之前，在系统中引入一个有效的早期修正信号，从而加快系统

的动作速度，减小调节时间。

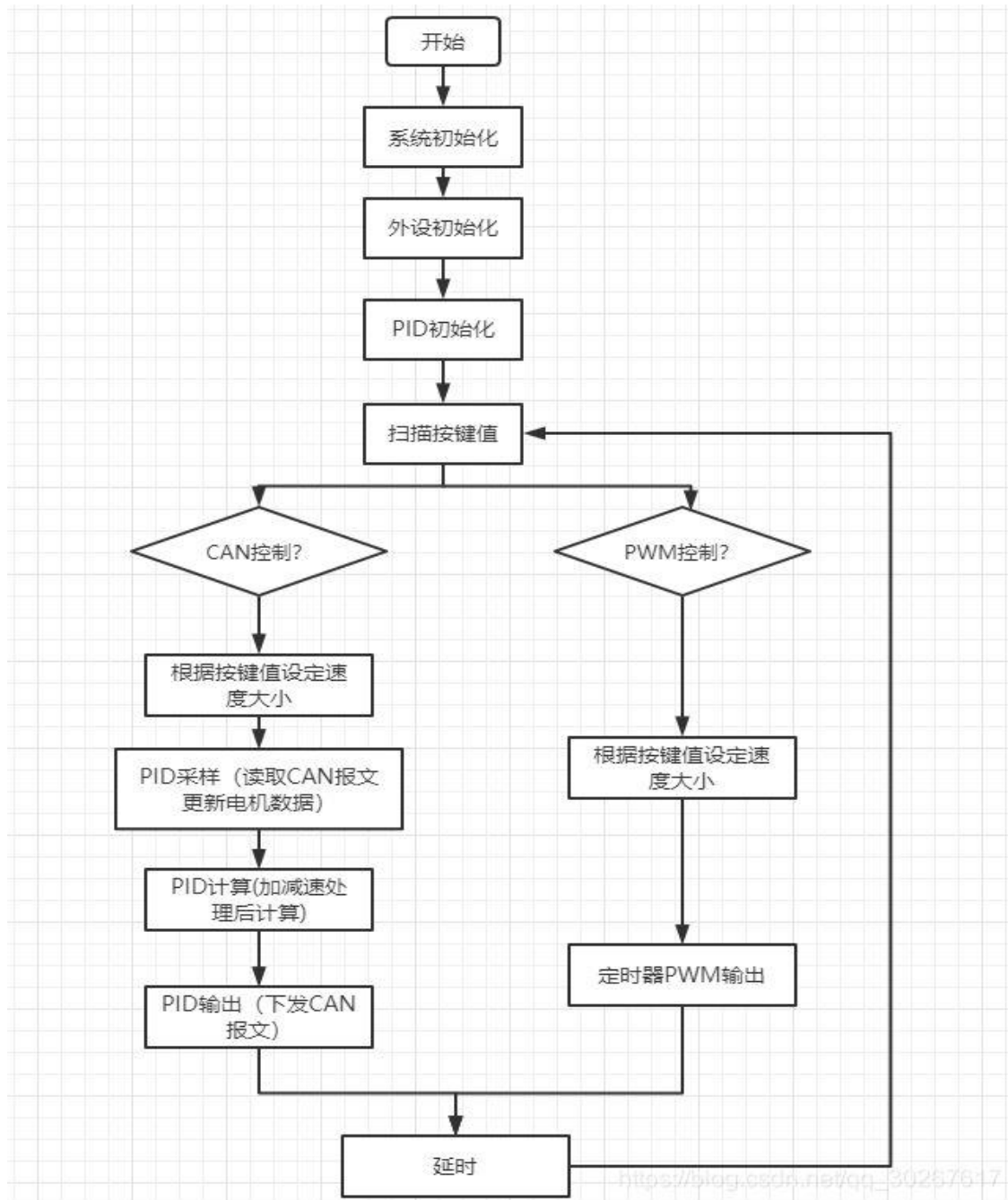
积分控制作用的引入虽然可以消除静差，但是降低了系统的响应速度，特别是对于具有较大惯性的被控对象，用 PI 控制器很难得到很好的动态调节品质，系统会产生较大的超调和振荡，这时可以引入微分作用。

在偏差刚出现或变化的瞬间，不仅根据偏差量作出及时反应（即比例控制作用），还可以根据偏差量的变化趋势（速度）提前给出较大的控制作用（即微分控制作用），将偏差消灭在萌芽状态，这样可以大大减小系统的动态偏差和调节时间，使系统的动态调节品质得以改善。

微分环节有助于系统减小超调，克服振荡，加快系统的响应速度，减小调节时间，从而改善了系统的动态性能，但微分时间常数过大，会使系统出现不稳定。微分控制作用一个很大的缺陷是容易引入高频噪声，所以在干扰信号比较严重的流量控制系统中不宜引入微分控制作用。

微分控制作用的阶跃响应特性对于一个恒定的偏差量，不管其数值有多大，微分控制作用均为零。因此，微分作用不能消除静差，单独使用意义不大，一般需要与比例、积分控制作用配合使用，构成 PD 或 PID 控制。

2.4.2 运行逻辑



2.4.3 电机 PID 控制原理

电机是一种通电就会转的东西，正负极反接就会反转，电压增大转速就会增大，但是我们希望能够精准控制速度，甚至控制它的位置，所以需要电机驱动器。

最低级的电机驱动器只提供功率放大或整流，PID 计算需要通过控制器计算；一些高级点的驱动器内部做了 PID 控制，控制器只需要给速度指令或位置指令就行了，这就是控制的分层。

我们使用的 M3508 电机配套的 C620 电调，在用 PWM 控制时它是自带速度 PID 的，使用 CAN 总线控制时它就不带 PID，需要单片机来计算。

伺服电机有位置伺服、速度伺服、力伺服，电机的三闭环控制：也就是位置环——速度环——电流环，根据控制目标的不同，从外环到内环分别对应电机的位置伺服、速度伺服与力伺服，也可以说三种模式：位置模式、速度模式、转矩模式。

加减速处理的目的是防止偏差值太大，导致速度环 PID 输出结果太大，超过电机的响应范围，结果可能导致死机、断续旋转。3508 就有这个问题的，加入加减速就是让电机速度变化更加平缓。

	作用	缺点
比例项 P	对误差信号进行放大或衰减，比例系数大小决定了控制作用的强弱。	增益过大可能会引起系统振荡，使稳定性变差，降低了系统的相对稳定性，增益过小控制效果不明显，反应迟钝，无法修正干扰的影响；并且比例项不能完全消除系统的稳态误差。
积分项 I	通过对误差累积的作用影响控制器的输出，并通过系统的负反馈作用减小偏差，只要有足够的时间，积分控制将能够消除稳态误差。	增益过大可能出现系统积分超调，导致调整时间过长，增益过小可能出现收敛过长，不能及时地克服干扰的影响。
微分项 D	能够反应出反应误差信号变化的速度，在误差刚刚出现时产生很大的控制作用，具有超前控制的作用，有助于减小调整时间，改善系统的动态品质；	增益过大容易引起系统振荡，导致稳定性下降；增益过小可能改善效果不明显；同时微分容易引入高频噪声，导致系统不稳定。

由于速度环输出的是电流值，所以这也解释了为什么单片机通过 CAN 报文下发的是转矩电流。至于电流环是由硬件控制的。

2.5 测试方案设计

2.5.1 机械结构测试

- ①飞镖的发射：将飞镖摩擦轮结构图纸设计完成后，我们会购买材料搭建简易的摩擦轮发射结构，测定飞镖能否顺利发射。
- ②检查飞镖的卡弹现象：前期考虑用滚针当导轨模块，减少飞镖与导轨的摩擦力，减少卡弹现象。测试时将4枚飞镖并列放在导轨上，用电机推动飞镖到摩擦轮结构发射出去。多次测试观察飞镖的卡弹情况，并及时做出改正。
- ③测试发射架 yaw 轴和 pitch 轴方向的调试：不断调整角度，观察飞镖的命中情况。若结构出现问题，必须及时修改优化。
- ④检查飞镖发射架的后坐力情况：避免飞镖像上届一样发射时有剧烈抖动。我们采取矩形结构增大发射架与地面的接触面积。在测试时验证发射架发射飞镖时是否能减小后坐力。若有，就及时修改底座结构。
- ⑤飞镖本体的测试：目前飞镖的结构设计是在理论上进行搭建的。需在测试时观察飞镖的飞行情况修改飞镖的机身结构，达到最好的飞行效果。

2.5.2 电控测试

(1) 黑盒测试

①原理

黑盒测试也称功能测试，它是通过测试来检测每个功能是否都能正常使用。在测试中，把程序看作一个不能打开的黑盒子，在完全不考虑程序内部结构和内部特性的情况下，在程序接口进行测试。

它只检查程序功能是否按照需求规格说明书的规定正常使用，程序是否能适当地接收输入数据而产生正确的输出信息。黑盒测试着眼于程序外部结构，不考虑内部逻辑结构，主要针对软件界面和软件功能进行测试。

黑盒测试是以用户的角度，从输入数据与输出数据的对应关系出发进行测

试的。很明显，如果外部特性本身设计有问题或规格说明的规定有误，用黑盒测试方法是发现不了的。

②作用

黑盒测试法注重于测试软件的功能需求，主要试图发现下列几类错误。

- a. 功能不正确或遗漏；
- b. 界面错误；
- c. 输入和输出错误；
- d. 数据库访问错误；
- e. 性能错误；
- f. 初始化和终止错误等。

③流程

1.测试计划

首先，根据用户需求报告中关于功能要求和性能指标的规格说明书，定义相应的测试需求报告，即制订黑盒测试的最高标准，以后所有的测试工作都将围绕着测试需求来进行，符合测试需求的应用程序即是合格的，反之即是不合格的；

同时，还要适当选择测试内容，合理安排测试人员、测试时间及测试资源等。

2.测试设计

将测试计划阶段制订的测试需求分解、细化为若干个可执行的测试过程，并为每个测试过程选择适当的测试用例（测试用例选择的好坏将直接影响到测试结果的有效性）。

3.测试开发

建立可重复使用的自动测试过程。

4.测试执行

执行测试开发阶段建立的自动测试过程，并对所发现的缺陷进行跟踪管理。测试执行一般由单元测试、组合测试、集成测试、系统联调及回归测试等步骤组成，测试人员应本着科学负责的态度，一步一个脚印地进行测试。

5.测试评估

结合量化的测试覆盖域及缺陷跟踪报告，对于应用软件的质量和开发团队的工作进度及工作效率进行综合评价。

④优点

基本上不用人管着，如果程序停止运行了一般就是被测试程序 **crash** 了。

设计完测试用例之后，下来的工作就是爽了，当然更苦闷的是确定 **crash** 原因。

⑤缺点

1. 结果取决于测试用例的设计，测试用例的设计部分优势来源于经验，OUSPG的东西很值得借鉴。
2. 没有状态转换的概念，一些成功的例子基本上都是针对 PDU 来做的，还做不到针对被测试程序的状态转换来实现。
3. 就没有状态概念的测试来说，寻找和确定造成程序 **crash** 的测试例是个麻烦事情，必须把周围可能的测试例单独确认一遍。
4. 而就有状态的测试来说，就更麻烦了，尤其不是一个单独的 **testcase** 造成的问题。这些在堆的问题中表现的更为突出。

(2) 白盒测试

①原理

白盒测试又称结构测试、透明盒测试、逻辑驱动测试或基于代码的测试。白盒测试是一种测试用例设计方法，盒子指的是被测试的软件，白盒指的是盒子是可视的，你清楚盒子内部的东西以及里面是如何运作的。

"白盒"法全面了解程序内部逻辑结构、对所有逻辑路径进行测试。"白盒"法是穷举路径测试。在使用这一方案时，测试者必须检查程序的内部结构，从检查程序的逻辑着手，得出测试数据。贯穿程序的独立路径数是天文数字。

采用什么方法对软件进行测试呢？常用的软件测试方法有两大类：静态测试方法和动态测试方法。其中软件的静态测试不要求在计算机上实际执行所测程序，主要以一些人工的模拟技术对软件进行分析和测试；而软件的动态测试是通过输入一组预先按照一定的测试准则构造的实例数据来动态运行程序，而达到发现程序错误的过程。

在动态分析技术中,最重要的技术是路径和分支测试。下面要介绍的六种覆盖测试方法属于动态分析方法。

②测试方法

白盒测试的测试方法有代码检查法、静态结构分析法、静态质量度量法、逻辑覆盖法、基本路径测试法、域测试、符号测试、路径覆盖和程序变异。

白盒测试法的覆盖标准有逻辑覆盖、循环覆盖和基本路径测试。其中逻辑覆盖包括语句覆盖、判定覆盖、条件覆盖、判定/条件覆盖、条件组合覆盖和路径覆盖。六种覆盖标准发现错误的能力呈由弱到强的变化：

1. 语句覆盖每条语句至少执行一次。
2. 判定覆盖每个判定的每个分支至少执行一次。
3. 条件覆盖每个判定的每个条件应取到各种可能的值。
4. 判定/条件覆盖同时满足判定覆盖条件覆盖。
5. 条件组合覆盖每个判定中各条件的每一种组合至少出现一次。

6. 路径覆盖使程序中每一条可能的路径至少执行一次。

③要求

1. 保证一个模块中的所有独立路径至少被使用一次。
2. 对所有逻辑值均需测试 **true** 和 **false**。
3. 在上下边界及可操作范围内运行所有循环。
4. 检查内部数据结构以确保其有效性。

④目的

通过检查软件内部的逻辑结构，对软件中的逻辑路径进行覆盖测试;在程序不同地方设立检查点，检查程序的状态，以确定实际运行状态与预期状态是否一致。

⑤特点

依据软件设计说明书进行测试、对程序内部细节的严密检验、针对特定条件设计测试用例、对软件的逻辑路径进行覆盖测试。

⑥实施步骤

1. 测试计划阶段：根据需求说明书，制定测试进度。
2. 测试设计阶段：依据程序设计说明书，按照一定规范化的方法进行软件结构划分和设计测试用例。
3. 测试执行阶段：输入测试用例，得到测试结果。
4. 测试总结阶段：对比测试的结果和代码的预期结果，分析错误原因，找到并解决错误。

⑦优点

1. 迫使测试人员去仔细思考软件的实现。
2. 可以检测代码中的每条分支和路径。

3. 揭示隐藏在代码中的错误。
4. 对代码的测试比较彻底。
5. 最优化

⑧缺点

1. 昂贵。
2. 无法检测代码中遗漏的路径和数据敏感性错误。
3. 不验证规格的正确性。
4. 但即使每条路径都测试了仍然可能有错误。

可能出现的情况如下：

- a. 穷举路径测试决不能查出程序违反了设计规范，即程序本身是个错误的程序。
- b. 穷举路径测试不可能查出程序中因遗漏路径而出错。
- c. 穷举路径测试可能发现不了一些与数据相关的错误。

(3) 持续集成

①定义

持续集成是一种软件开发实践，即团队开发成员经常集成他们的工作，通常每个成员每天至少集成一次，也就意味着每天可能会发生多次集成。每次集成都通过自动化的构建（包括编译，发布，自动化测试)来验证，从而尽快地发现集成错误。许多团队发现这个过程可以大大减少集成的问题，让团队能够更快的开发内聚的软件。

持续集成的宗旨是避免集成问题，如同在极限编程(XP)方法学中描述的集成地狱。持续集成并非普遍接受是用来改善集成频率的方法，因此重要的是区分两者所带来的效益。

在极限编程方法学，持续集成需要达到最佳成果，必须依靠着自动化集成单

元测试并通过测试驱动开发。首先必须设想在上线运作之前，已在开发环境完成并通过所有的单元测试。这将帮助避免一个开发者的作业流程，导致其他开发者作业的中断。如果有需要，可以在完整上线运作之前进用部分已完成的功能，例如使用功能切换。

接着进行 CI 服务器建置概念的阐述、自动化运行单元测试的周期与每次测试需要提交给开发者的报告。建置 CI 服务器的用途(不一定要运行单元测试) 已经开始在极限编程(XP)社群之外的团队练习。如今，许多企业组织已经开始采用持续性集成，而非采用完整的极限编程(XP)。

除了自动化单元测试，组织在运用持续性集成(CI)一般会建置 CI 服务器来维护持续性套用质量控制的程序-小部分的影响，并且经常性使用。除了运行单元与集成测试之外，还有额外的静态与动态测试，量测与描述性能，从程序源代码摘录与文件格式与促成手动质量保证(QA)程序。

持续性质量控制应用程序用意在于提升软件质量以及减少交付的时间，在完成所有开发后，取代传统软件上线质量控制机制。此非常相似进行频繁集成的最初概念让集成得以在 QA 程序上更容易地达成。

同样的道理，持续性交付的最佳实践进一步扩展了持续性集成(CI)，以确保软件检核在主要程序上并且能够部署到用户以确保实际的部署流程可以非常快速。

②措施

(1)减少风险

一天中进行多次的集成，并做了相应的测试，这样有利于检查缺陷，了解软件的健康状况，减少假定。

(2)减少重复过程

减少重复的过程可以节省时间、费用和工作量。说起来简单，做起来难。这

些浪费时间的重复劳动可能在我们的项目活动的任何一个环节发生，包括代码编译、数据库集成、测试、审查、部署及反馈。通过自动化的持续集成可以将这些重复的动作都变成自动化的，无需太多人工干预，让人们的时间更多的投入到动脑筋的、更高价值的事情上。

(3)任何时间、任何地点生成可部署的软件

持续集成可以让您在任何时间发布可以部署的软件。从外界来看，这是持续集成最明显的好处，我们可以对改进软件品质和减少风险说起来滔滔不绝，但对于客户来说，可以部署的软件产品是最实际的资产。利用持续集成，您可以经常对源代码进行一些小改动，并将这些改动和其他的代码进行集成。如果出现问题，项目成员马上就会被通知到，问题会第一时间被修复。不采用持续集成的情况下，这些问题有可能到交付前的集成测试的时候才发现，有可能会导导致延迟发布产品，而在急于修复这些缺陷的时候又有可能引入新的缺陷，最终可能导致项目失败。

(4)增强项目的可见性

持续集成让我们能够注意到趋势并进行有效的决策。如果没有真实或最新的数据提供支持，项目就会遇到麻烦，每个人都会提出他最好的猜测。通常，项目成员通过手工收集这些信息，增加了负担，也很耗时。持续集成可以带来两点积极效果：

1.有效决策：持续集成系统为项目构建状态和品质指标提供了及时的信息，有些持续集成系统可以报告功能完成度和缺陷率。

2.注意到趋势：由于经常集成，我们可以看到一些趋势，如构建成功或失败、总体品质以及其它的项目信息。

(5)建立团队对开发产品的信心

持续集成可以建立开发团队对开发产品的信心，因为他们清楚的知道每一次构建的结果，他们知道他们对软件的改动造成了哪些影响，结果怎么样。

③要素

- 1.统一的代码库
- 2.自动构建
- 3.自动测试
- 4.每个人每天都要向代码库主干提交代码
- 5.每次代码递交后都会在持续集成服务器上触发一次构建
- 6.保证快速构建
- 7.模拟生产环境的自动测试
- 8.每个人都可以很容易的获取最新可执行的应用程序

④原则

1. 所有的开发人员需要在本地机器上做本地构建，然后再提交的版本控制库中，从而确保他们的变更不会导致持续集成失败。
2. 开发人员每天至少向版本控制库中提交一次代码。
3. 开发人员每天至少需要从版本控制库中更新一次代码到本地机器。
4. 需要有专门的集成服务器来执行集成构建,每天要执行多次构建。
5. 每次构建都要 100%通过。
6. 每次构建都可以生成可发布的产品。
7. 修复失败的构建是优先级最高的事情。
8. 测试是未来，未来是测试

⑤工作流程

当从事变更时，开发者会从基础代码库复制以进行作业，其他开发者提交代码的变更至来源代码库，并透过副本的方式取代来源代码库的代码。不只变更目前（1998年）的代码库，新的代码也可以新增成为程序库、其它共享资源与

潜在冲突。

当分支代码保持在取出状态时间越长，当分支代码开发者进行主线重新集成时，就愈容易遭遇集成多重冲突的风险以及失败。当开发者将代码提交到代码库时，首先必须更新代码以反映他们在代码库中的更改，因为他们拿到了副本。代码库包含的更改越多，开发人员在提交自己的更改前必须运行的工作越多。

终于，该程序库也许变成非常不同于开发者的目标代码，他们进入有时候被称为合并地狱或集成地狱的阶段，这时候开发者所花费的集成时间，将超过最初代码开发的时间。

持续性集成涉及预先集成与预先与经常性的集成，借此来避免踩到集成地狱的陷阱，实践的目标是减少重工、减少成本与时间。

持续性集成补充的实践是在提交成果之前，每个开发人员必须运行一个完整的构建与运行及通过所有的单元测试、集成测试，这些都是当持续性集成服务器侦测到代码有新的提交时，必须经常性与自动化的进行。

3. 项目进度计划

日期安排	赛季进度
9.2-9.6	看 2021RM 规则，熟悉飞镖系统
9.7-10.7	开源查找其他高校的飞镖进行结构分析和了解原理，确定大致的飞镖结构规划
10.8-10.27	审查结构设计的不合理之处，提出修改方向，继续设计并修改
10.28-11.13	继续完成飞镖的设计，寻求学长的建议
11.14	指导老师审图，记录老师提出存在的问题
11.15-12.13	修改结构中存在的问题，完成第一代飞镖

12.14-1.1	寻求学长和老师的建议，完善飞镖结构后确定飞镖图纸
1.2-1.24	购买物资搭建第一代飞镖和简易的前哨塔进行测试，发现问题思考寻求最佳方法后修改发射架和飞镖本体的图纸，力求达到最大的命中效果。
1.25-3.1	测试飞镖发射命中率，优化飞镖本体结构。期间与其他学校沟通进行友谊比赛，检查飞镖在赛场上的不足。练习比赛入场 3 分钟中飞镖的放置和调试动作，避免在比赛时出现问题。
3.2-分区赛	测试飞镖发射命中率，优化飞镖本体结构。同时对操作手进行训练。

4. 赛季人力安排

1. 人员现状

加入实验室的成员会根据自己的兴趣爱好挑选兵种，分到各个兵种上。实验室本着“老带新”的原则，有参加过比赛的 19 级学长带领我们进行设计和调试，学长督促我们兵种的进度，同时提供建议和设计方向的知识。

2. 人员分配

机械：

陶斐然（队长，19 级三维组成员，飞镖机器人主要负责人）

唐智豪（飞镖发射架负责人，20 级）

毛键（飞镖本体负责人，20 级）

电控：

孙熙良（19 级电控组组长）

高昂（20 级）

3. 人员分工

机械组分工：

飞镖发射架及飞镖机械结构设计、修改、装配、测试、升级。

电控组分工：

电路板设计，线路布置；发射架代码编写，对飞镖测试部分设计进行调试及改进优化。

4.1 团队架构设计

角色	职责职能描述	人员要求	人数
机械	<p>设计飞镖发射架的职责</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 通过调整发射架 pitch 轴和 yaw 轴确定发射放心，确保发射架给予飞镖足够初速度并顺利发射出去。 2. 能装填 4 枚飞镖；重量在 RM 规则范围内 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 精通 3D 打印和 SolidWorks，熟悉铣床和车床。 2. 面对测试和调试，需要有克服枯燥，坚持不懈的精神；遇事理智，冷静对待。 <p>需要有良好的团队协作意识，与队员之间能有有效的沟通。</p>	1 名
机械	<p>设计飞镖本体的职责</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 重量在 RM 规则范围内。 2. 飞行中的飞镖能有效的减小空气的阻力和方向的倾斜，从而击中目标。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 精通 3D 打印和 SolidWorks, ANSYS, MATLAB, 熟悉铣床和车床。 2. 了解空气动力学知识。 3. 有较好的实践操作能力 4. 需要有良好的团队协作意识，与队员之间能有有效的沟通。 	1 名
电控	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能通过写的代码驱动电机完成飞镖装填、瞄准和发射满足的要 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 熟练掌握 51、32 以及 PCB，会焊板子和接电 	1 名

角色	职责职能描述	人员要求	人数
	求。 2. 能根据飞镖发射架的结构合理的布局线路。 3. 能设计出满足飞镖要求的电路板	路。 2. 要有良好的团队协作意识，与队员之间能有有效的沟通。	

4.2 团队建设思路

团队，是介于集体与搭档之中的一种合作方式。其精髓是沟通、分工、合作、共同进步，已形成一个目标明确、有战斗力的团队。22 赛季 RM 规则中，更改后的飞镖规则，让飞镖系统在赛场上的地位越来越重要。

一个优秀的团队，能让飞镖在赛场上的作用最大化，对于新组建的团队我主要有以下两点计划：

- 团队管理：自我管理。要求机械组成员加深对 solidworks、车床，铣床的熟练程度，按时完成学长布置的进度。
- 学长督促进度。优秀学长有着 1 年的参赛经验，通过老带新布置合理的进度让我们这个团队完成飞镖的设计与调试。
- 团队合作：团队的发展不可能是孤立的，必须寻求合作伙伴共同进步。在各个高校中都有研发飞镖系统的团队，我们会采取加群聊天的方式交流飞镖经验，避开一些雷区，推进飞镖设计进度。

5. 预算分析

1. 预算支出主要分为两个大类：相关零部件购买预算，比赛差旅。为尽量减少机器人制作价格，在零部件购买上我们会比对多家商店价格质量，并与中意商店建立账期合作关系。

2. 零部件方面尽量采用现有的能正常使用或工作（还在使用期限内）的零部件，

避免在零部件的购买上产生浪费。

5.1 预算估计

类目	子类目	次级子类目	费用	说明
研发耗 材	机械部件	飞镖定制打印件	980	数量：16 费用估算逻辑：价格电询， 预计飞镖在研发过程中会迭 代 2-3 次，而每次会有 2 款不 同的飞镖设计
		铝型材	144	单价：12 数量：12
		直线电机梯形丝杆	190	单价：95 数量：2
		玻纤板	210	单价：70 数量：3
		餐盘轴承	50	单价 50 数量 1
		摩擦轮	600	单价：100 数量：6
		人工加工费	100	100/次
		RoboMaster M3508 P19 直流无刷减速电机	598	单价 299 数量：2 费用估算逻辑：实验室已有 闲置 4 台对应型号电机
		其他（细微打印件及零部 件）	200	
	硬件相关	定制主板	120	数量：2 费用估算逻辑：价格电询， 使用一个，剩下一个为备用 主板，防止主板损坏后无替 代品
工具相关	无	无	所有相应工具皆能在实验室 找到并使用	
场地元素	前哨站	200	材料购买，手工制作	
其他配件	M600/M600PRO-PART10- 智能电池 TB48S	640	数量：1	
比赛差 旅	住宿	旅店费用	1200	4 人/次
	交通	来去的交通工具费用以及	1500	4 人/次

类目	子类目	次级子类目	费用	说明
		日常交通费用		
	餐费	餐补	400	每人每天餐补 50 4 人/次
其它				

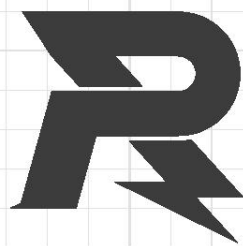
5.2 资金筹措计划

来源项	预计金额	筹措思路
学校赞助经费	5000	提供相应的预算表和发票,与财务部报销资金
招商赞助经费	3000	在同一家五金店购买器材,争取最大优惠的同时为老板打广告,争取一下老板的赞助

6. 技术方案分析参考文献

参考文献	收获点分析
四川大学磁海火锅战队飞镖技术开源	对比了我们设计与对方设计的优缺点,为我们优化飞镖模型提供了一个很好地对照样本,并且其中对飞镖实验的管理也给了我们一个很好的方向
华南理工大学飞镖系统开源	分析了对方发射架的优缺点,引进了其中的优势设计,对不足部分提出了思考和改进
杨百军, 轻松玩转 STM32cube	对 HAL 库函数学习,更加方面的初始化一些应用的功能,节约了时间。对 STM32cube 也有了新的认识。

参考文献	收获点分析
【美】D.P.Raymer, 现代飞机设计	对其中空气动力学, 有限元结构分析, 性能和力学分析进行了主要参考, 帮助我们有效构建飞镖的飞行理论模型
邹泉, 直升机旋翼桨叶系统动力学分析, 西安电子科技大学硕士学位论文, 2010	学习了除 CDF 外其他的空气动力学的分析方法, 但由于其中的计算矩阵过于困难, 未采用该方法, 但其中提供的对空气动力学特性的理解和计算有助于我们完成对飞镖的空气动力分析。
基于 ANSYS 的机械结构有限元实训教程, 机械工业出版社	进行有限元的学习, 掌握用 ANSYS 进行有限元分析的方法



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