



第十八届全国大学生机器人大赛

RoboMaster 2019 机甲大师赛

郑州大学WG Spark战队设计报告

2019.01

V 1.0

目录

| | |
|-------------------|----|
| 摘要 | 4 |
| 第 1 章 需求确定 | 5 |
| 1.1 总体需求 | 5 |
| 1.2 机器人具体需求 | 6 |
| 1.2.1 步兵机器人 | 6 |
| 1.2.2 英雄机器人 | 6 |
| 1.2.3 工程机器人 | 7 |
| 1.2.4 哨兵机器人 | 7 |
| 1.2.5 空中机器人 | 7 |
| 第 2 章 系统框图 | 9 |
| 2.1 硬件资源 | 9 |
| 2.2 程序逻辑 | 10 |
| 第 3 章 结构设计 | 14 |
| 3.1 需求分析 | 14 |
| 3.1.1 质量 | 14 |
| 3.1.2 离地高度 | 14 |
| 3.1.3 速度与功率 | 16 |
| 3.1.4 跌落测试 | 16 |
| 3.2 设计图纸 | 19 |
| 3.3 材料和工艺 | 19 |
| 3.3.1 材料 | 19 |
| 3.3.2 成本 | 19 |
| 3.4 有限元分析 | 20 |
| 3.4.1 分析对象 | 20 |
| 3.4.2 确定受力 | 20 |
| 3.4.3 固定位置 | 20 |

| | |
|----------------------|----|
| 3.4.4 材料..... | 21 |
| 3.4.5 目标..... | 21 |
| 3.4.6 划分网格..... | 21 |
| 3.4.7 运行..... | 22 |
| 3.4.8 优化..... | 23 |
| 第4章 算法设计..... | 24 |
| 4.1 需求分析..... | 24 |
| 4.2 方案设计..... | 24 |
| 4.3 算法对比与性能分析..... | 25 |
| 第5章 人机工程分析..... | 25 |
| 5.1 设计一键登岛的目的..... | 25 |
| 5.2 硬件材料..... | 25 |
| 5.3 设计设备..... | 26 |
| 5.4 方案效果..... | 27 |
| 第6章 科学设计方法..... | 27 |
| 6.1 装甲检测功能..... | 27 |
| 6.2 原理及操作..... | 27 |
| 6.3 软件及环境..... | 31 |
| 6.4 流程图..... | 31 |
| 第7章 科学实践改进..... | 32 |
| 7.1 云台弹道设计需求分析..... | 32 |
| 7.2 弹道总功能分析与分解..... | 32 |
| 7.3 结果分析..... | 33 |
| 7.3.1 实例设计..... | 33 |
| 7.3.2 弹道“活关节”选择..... | 34 |
| 第8章 传感器选型..... | 34 |
| 第9章 创新性..... | 35 |

| | |
|------------------|----|
| 第 10 章 外观设计..... | 36 |
| 附录..... | 38 |

摘要

第一章根据规则和战队能力分析机器人的总体需求和具体需求。

第二章和第三章以步兵机器人为例绘制系统框图和叙述结构设计。

第四章算法设计采用视觉方面的主要算法为例。

第五章人机工程分析以工程车登岛为例。

第六章科学设计方法以装甲板视觉识别为例。

第七章科学实践改进以步兵云台弹道设计为例。

第八章传感器以工程机器人所需选型为例。

第九章创新型以工程车取弹为例。

第十章外形设计以现代简约风为主。

第1章 需求确定

1.1 总体需求

“RoboMaster机甲大师赛”每年规则都有新变化，一方面提高比赛观赏性，另一方面也让各个实力不同队伍都有进步和发挥的空间。因此分析规则内容，了解其变化的缘由为队伍的备赛有着至关重要的作用，下面我们根据新赛季规则手册进行分析，提出了战队的总体需求。

我们根据机器人类型的不同，分别阐述需求，依次为：步兵机器人、英雄机器人、工程机器人、哨兵机器人、空中机器人。



图1.1 各类机器人总体需求

以下将详细分析各类机器人的具体需求，依照上述总体需求确认每个机器人的必达需求和关键技术指标，并给出任务实现的优先级，需求优先级分为 3 级，从高到低依次为 I、II、III；以上任务优先级由 2019 年比赛规则以及 2018 年战队战况综合评定。

1.2 机器人具体需求

1.2.1 步兵机器人

步兵是战斗中的机动力量，具有移动灵活快速，弹药充足的基本优势，此外还需要步兵有打击能量机关的能力。我们应着重考虑步兵机器人的机械结构的稳定性，且保持供弹打弹的流畅，实现基本的功能要求，随后增强步兵的控制方面的稳定性以及识别打击能力，提高步兵的战斗能力。

| 步兵机器人 | | |
|-------|---|-----|
| 运动能力 | 在不超功率的前提下，速度 $>1.5\text{m/s}$ ，实现基础运动，爬坡以及自旋 | I |
| 攻击能力 | 能实现单发，连发，三连发 | I |
| | 30m/s 子弹射速 $>27\text{m/s}$,最大化利用射频 | III |
| | 下供弹，不卡弹且容易清空通道内的弹丸 | II |
| | 云台响应时间 $t_s < 500\text{ms}$ ，超调量 $M_p < 10\%$,稳态误差 $ess < 0.5\%$ | I |

1.2.2 英雄机器人

英雄机器人因为能够同时发射42mm弹丸和17mm弹丸，所以场上有不可忽略的输出位置。但是今年底盘功率受到了限制，英雄要做到减轻重量，能够灵活移动。同时英雄需要做到能够发射两种弹丸，因为有热量限制，所以要做到错开两种发射机构，才能做到有持续性的输出。英雄机器人必须要与工程做到流畅的补弹，和筛出两种弹丸，考虑到英雄有被击杀的风险，救援过程要保证工程机器人要能够拉动英雄机器人。

| 英雄机器人 | | |
|--------|---|----|
| 运动能力 | 在不超功率的前提下，速度 $>1.5\text{m/s}$ ，实现基础运动，爬坡 | I |
| 攻击能力 | 能实现单发，连发，三连发 | I |
| | 可以发射42mm弹丸和17mm弹丸 | I |
| | 上供弹，不卡弹 | II |
| | 云台响应时间 $t_s < 500\text{ms}$ ，超调量 $M_p < 10\%$,稳态误差 $ess < 0.5\%$ | II |
| 接收弹丸能力 | 可以筛选大小弹丸 | I |

1.2.3 工程机器人

工程机器人在赛场上主要起取弹和救援的作用，要求能快速上岛并且抓取弹药箱，再把得到的弹丸输送给英雄机器人。当场上机器人出现死亡时，工程机器人要能够快速到达指定位置并拖拽机器人到补血点。另外由于工程机器人优势不限功率，血量多且自动恢复一定血量，在赛场上也起到一个战术挡位的作用。

| 工程机器人 | | |
|-------|--|-----|
| 运动能力 | 在不超功率的前提下，速度 $>1.0\text{m/s}$ ，实现基础运动及爬坡 | I |
| 登岛能力 | 能够一键上岛，且上岛时间 $<2\text{s}$ | II |
| 取弹能力 | 能获取资源岛所有弹丸 | III |
| 补给能力 | 补给过程中不漏弹，且完成时间 $<8\text{s}$ | I |
| 救援能力 | 采用电磁吸附救援，吸附时间 $<5\text{s}$ | I |

1.2.4 哨兵机器人

哨兵机器人在赛场上主要起到一个保护基地的作用，当哨兵机器人死亡时基地防御会减少，哨兵机器人配备妙算和摄像头等外设，要能够自动识别打击敌方机器人，并造成可观的伤害，也要有良好的决策系统避免敌方机器人的打击，阻止对方机器人攻击基地。

| 哨兵机器人 | | |
|-------|--|----|
| 运动能力 | 在不超功率的前提下，速度 $>1.2\text{m/s}$ ，且能顺利过弯 | I |
| 攻击能力 | 全自动射击，且能实现单发，连发，三连发 | I |
| | $30\text{m/s} > \text{子弹射速} > 27\text{m/s}$, 最大化利用射频 | II |
| | 不卡弹 | I |
| | 云台响应时间 $t_s < 500\text{ms}$ ，超调量 $M_p < 10\%$, 稳态误差 $ess < 0.5\%$ | II |

1.2.5 空中机器人

步兵机器人新增上方装甲板，只有空中机器人可以瞄准射击。因此它不单单提供我方视野，又增添发射弹丸，打击敌方机器人的能力，同时携带具有发射机构的炮台，对资源岛基地防守有较大的作用。空中机器人有500发的弹丸数量，且不受其他机器人的攻击，在固定的轨迹内给予敌方机器人精准打击，将成为扭转战局的关键因素。

| 空中机器人 | | |
|-------|--|----|
| 运动能力 | 动力充足，将云台、裁判系统和预留弹丸重量等物体抬升，能定高、自稳、避障，悬停角度小于5度以内； | I |
| 攻击能力 | 能实现单发，连发，三连发 | I |
| | 30m/s>子弹射速>27m/s, | II |
| | 不卡弹 | I |
| | 云台响应时间 $t_s < 500\text{ms}$ ，超调量 $M_p < 10\%$,稳态误差 $e_{ss} < 0.5\%$ | II |

第2章 系统框图

2.1 硬件资源

云台

底盘

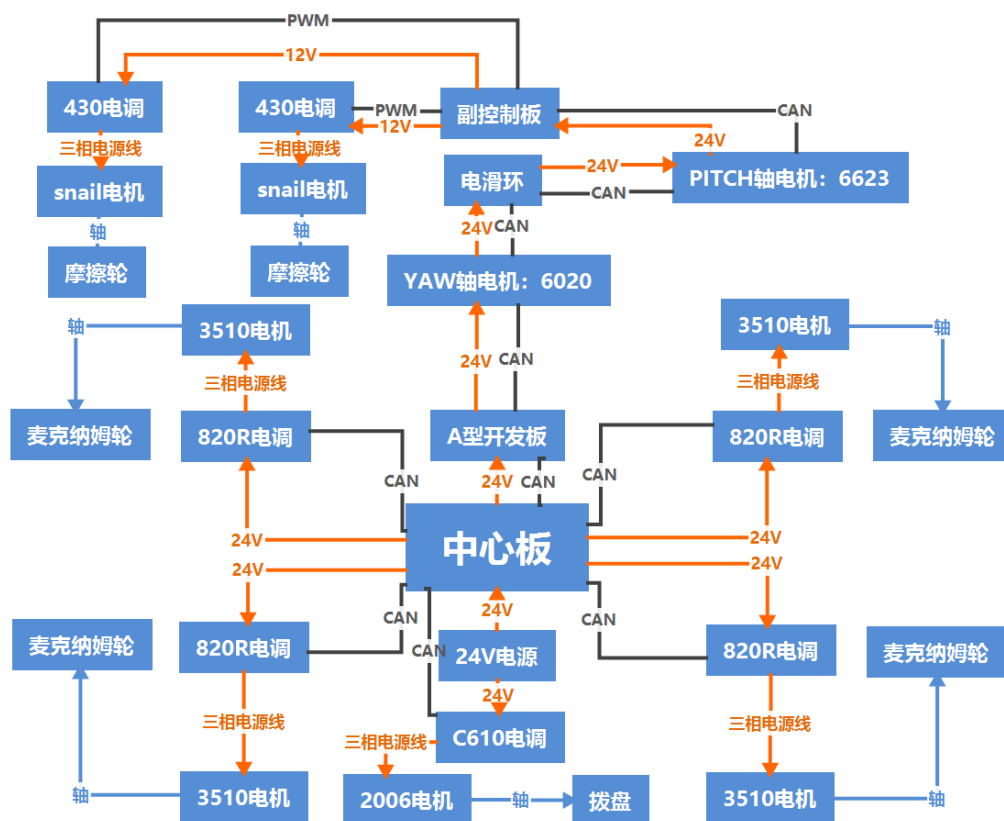


图2.1 步兵系统框图

2.1.1 硬件设备

| | |
|-------|---|
| 开发板 | 官方A型开发板 |
| | 副控制板，芯片为STM32F103c8t6，板上资源有CAN收发模块，陀螺仪模块(mpu6500) |
| 电机和电调 | 3510，2006，6623，6020电机，snail电机 |
| | C610电调，820R电调，430电调 |

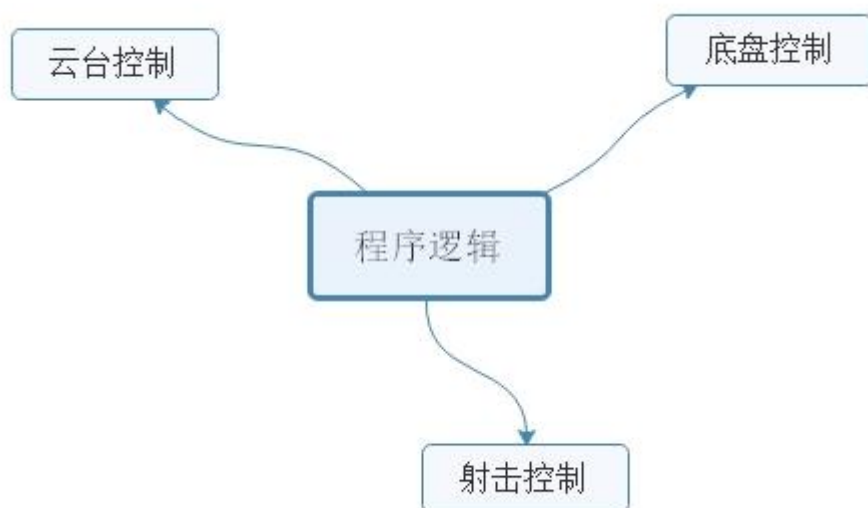
2.1.2 软件外设

| 软件外设 | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| USART | CAN | DMA | FPU | IIC |

2.2 程序逻辑

以步兵程序为例，分析程序逻辑。

首先我们使用了FreeRTOS操作系统，提高了系统的实时性，也使得程序的逻辑变得十分清晰。步兵程序逻辑主要分为以下三部分：

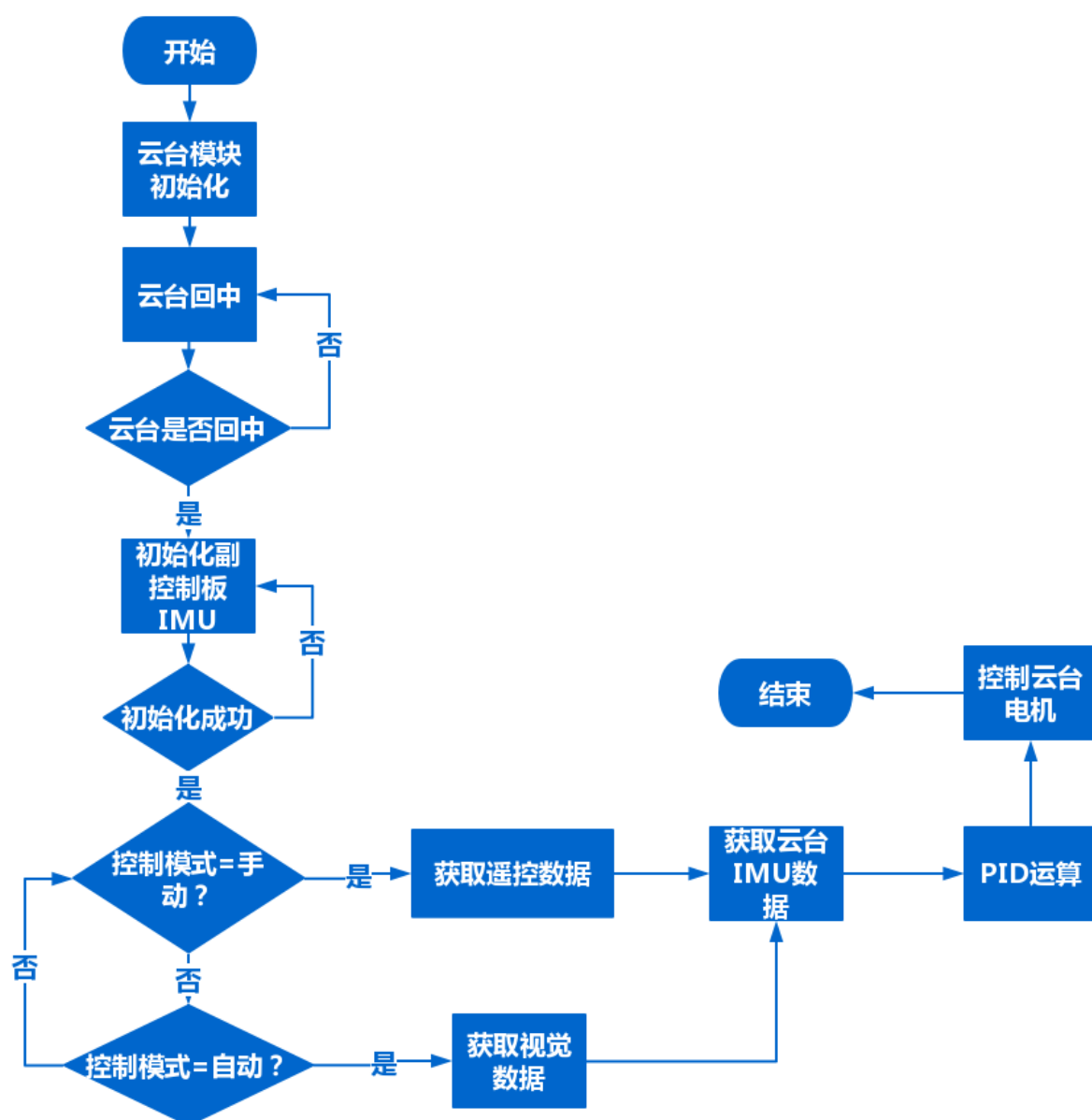


2.2.1 云台控制

为了实现步兵自旋，我们设计了副控制板，集成有IMU模块，以获取云台YAW轴与PITCH轴角度与角速度数据。

为了实现下供弹，云台的YAW轴采用了6020电机，PITCH轴采用了6623电机。

当云台开始上电时，IMU需要校准，控制器采用云台电机反馈的数据对云台进行PID控制，使其归中。归中完成后，首先开始初始化云台IMU模块，之后将判断控制模式为手动还是自动，最终控制器采用云台IMU反馈的数据进行PID控制。

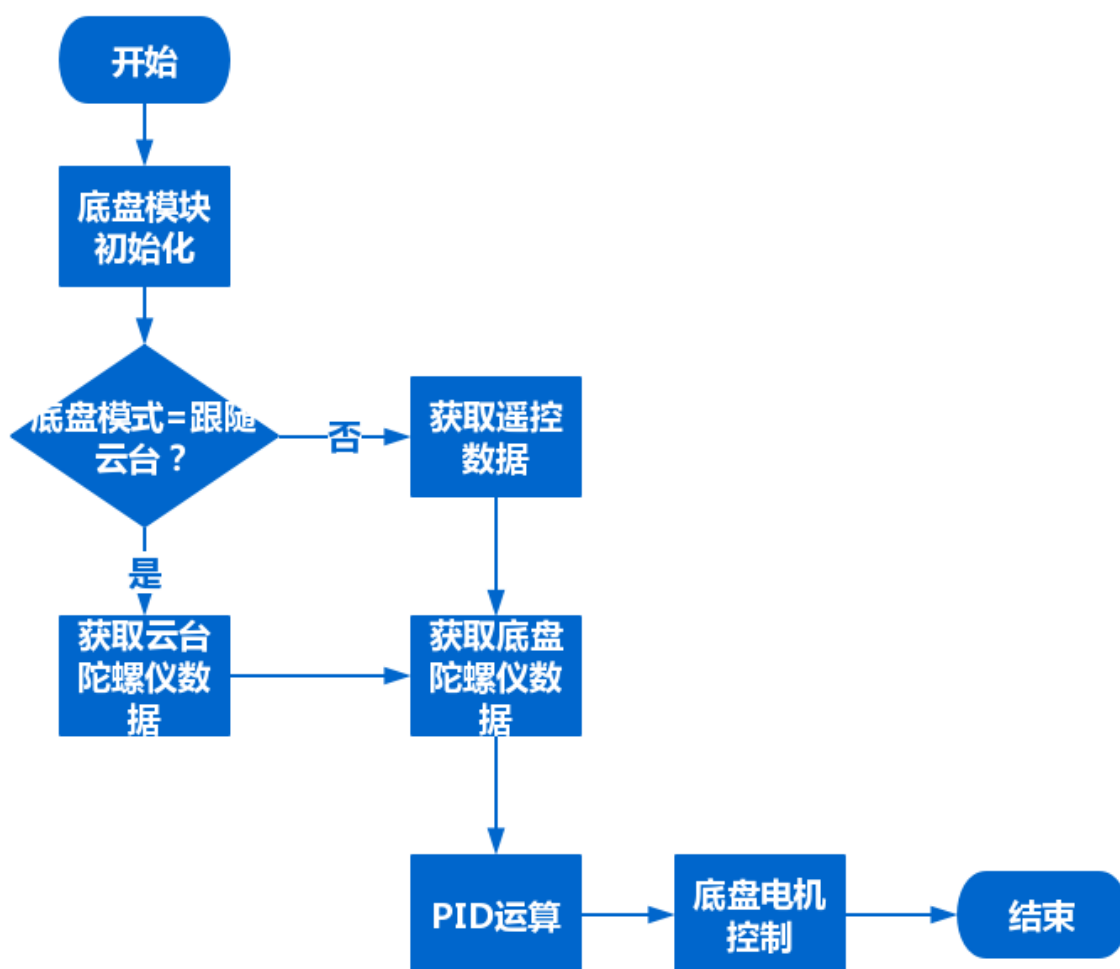


2.2.2 底盘控制

底盘共有跟随云台与不跟随云台两种控制模式。

当底盘处于跟随云台模式时，控制器采用云台 YAW 轴的数据为目标值，对底盘进行控制。此模式可用于战车快速移动且操作简便。

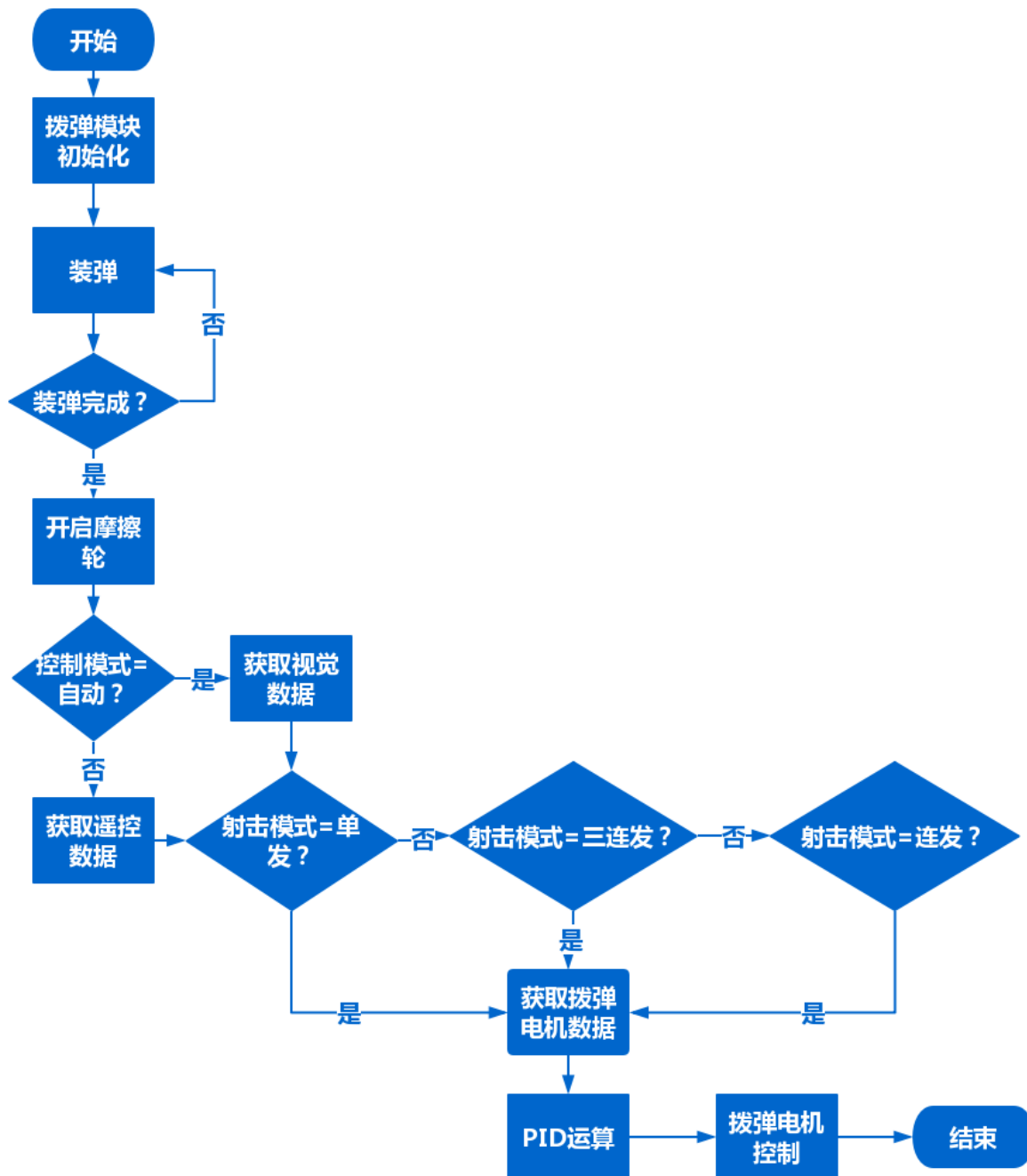
当底盘处于不跟随云台模式时，控制器采用遥控器的数据为目标值，对底盘进行控制。此模式可用于攻击敌方战车时己方战车躲避攻击。例如扭腰，自旋以及边跑边打等。



2.2.3 射击控制

步兵机器人采用了下供弹的方式，供弹管道过长，故在发弹前添加了填弹过程，当弹丸触碰到摩擦轮处的限位开关后，即可认为填弹完成。

射击控制分为单发，三连发，连发三种射击模式。可视情况选用任意一种射击模式，优势是既减少了弹丸的浪费的，同时又提高了命中率。



第3章 结构设计

3.1 需求分析

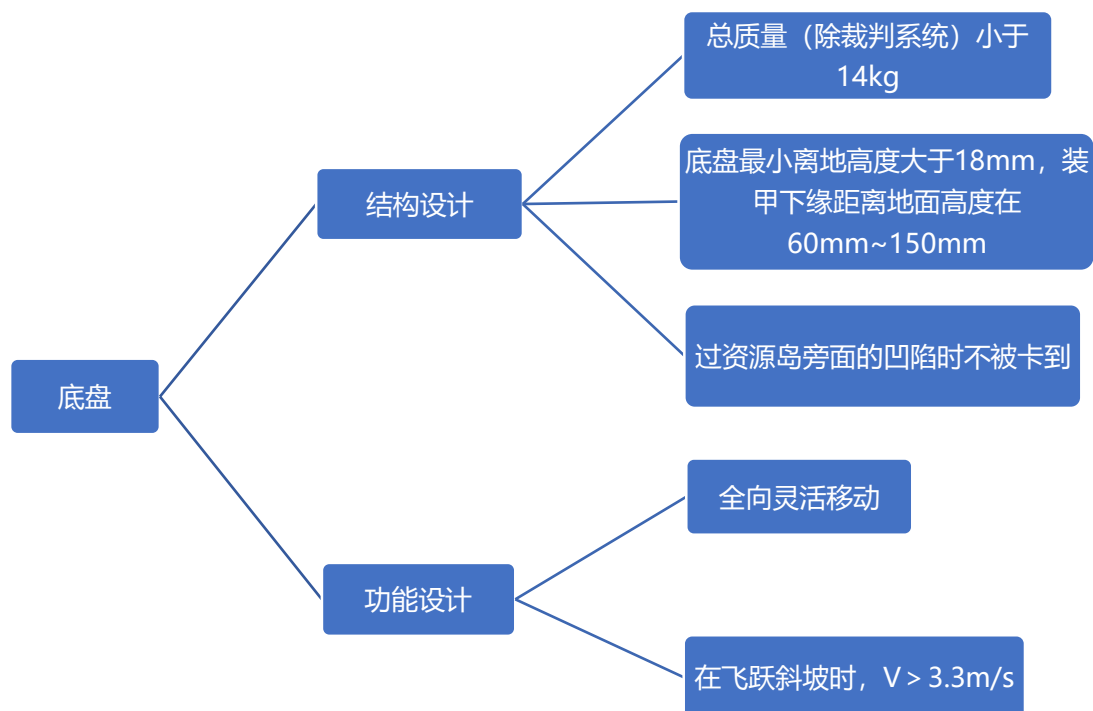


图3.1 步兵底盘需求分析

3.1.1 质量

截至中期视频拍摄时，步兵上面除裁判系统和完整的弹舱外，已经全部安装完毕，总质量为 12.87kg，满足设计要求。

3.1.2 离地高度

最小离地高度为26.79mm。

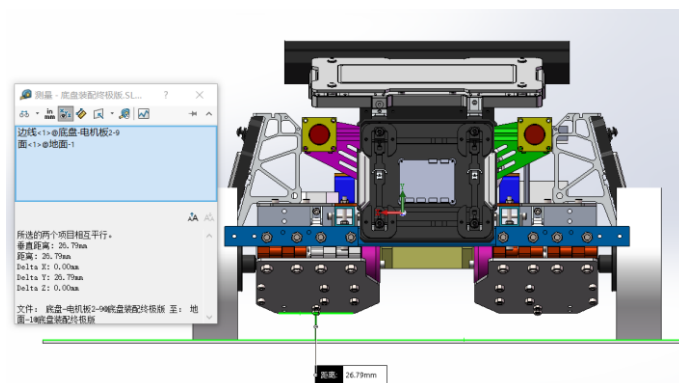


图3.1.1 步兵底盘离地高度

装甲最小离地高度101.47mm，最大离地高度131.47mm。

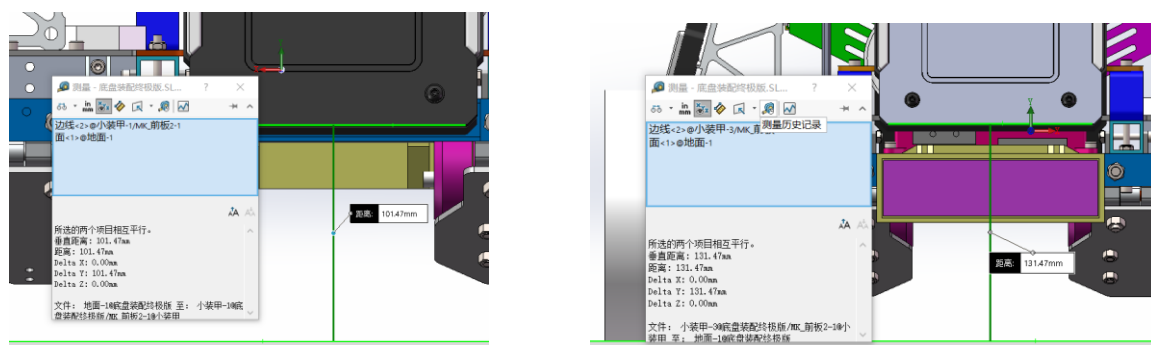


图3.1.2 装甲板离地高度

经检验不会被卡到。

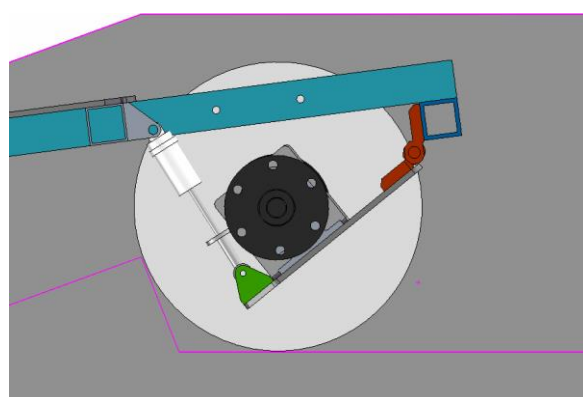


图3.1.3 过斜坡示意图

3.1.3 速度与功率

步兵机器人仍采用四个麦克纳姆轮实现全向移动。匀速行驶下，假设动摩擦因数为0.1（参考网络资料），单个轮子提供驱动力为4.09N，轮子半径0.076m，所以单个轮提供负载扭矩为0.31N·m。

在中期视频中，粗略计算速度为1.75m/s,小于飞跃的2.6m/s,但是除了飞跃部分，其他场地部分还是能够达到要求。电控组正在做超级电容，等装上之后再实验。

3.1.4 跌落测试

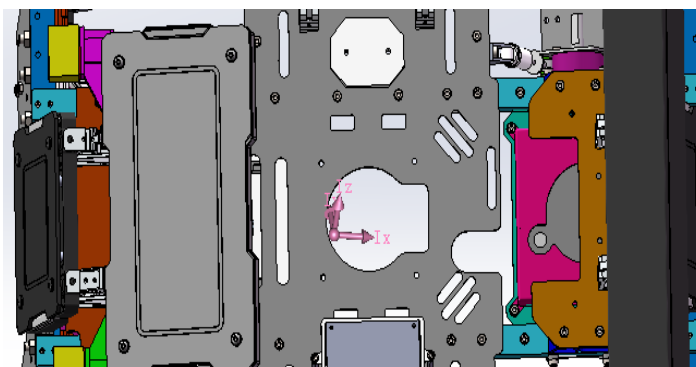


图3.1.4 底盘受力分析

从图中可以看出重心靠前，落地时前轮先着地。弹簧达到最大压缩量时最大弹力为37N，两个弹簧加起来为74N。

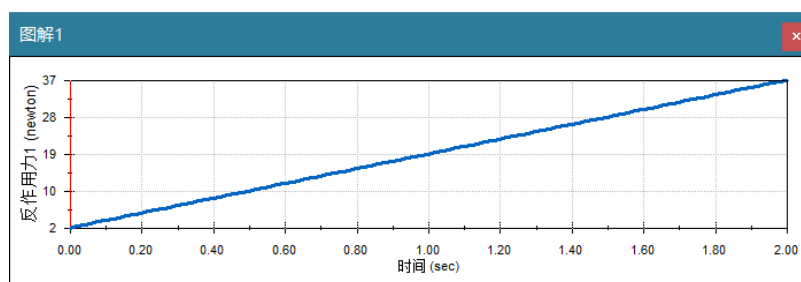


图3.1.5 弹力随时间变化曲线

假设落在平面，由于计算复杂，所以未考虑跌落过程中由于重心偏离造成的旋转。在solidworks中进行motion分析。

1. 各项参数设置

为了简化模型，降低运算复杂度，建立了一个简化的地盘模型，在材料设置中，由于底盘主要结构采用6061合金，故将材料都设置为6061合金。



图3.1.6 底盘材料设置

具体设置如图：

- 1) 从高度 1500mm 处落下
- 2) 认为该过程无能量所示，故未设计阻尼参数和摩擦。

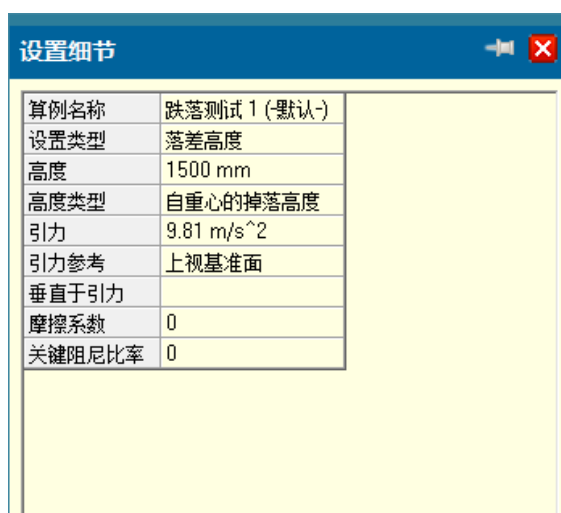


图3.1.7 底盘材料具体设置

2.定义传感器

将轮子中心孔分割，去上半面，设置传感器。

3.设置冲击后的求解时间

- 1) 求解时间为 $100\mu\text{s}$ 。($V_{\text{ELASTIC WAVE}} = \sqrt{E/\rho}$ E 为弹性模量， ρ 为材料密度)
- 2) 图解数为 25。
- 3) 选择之前设置好的传感器。
- 4) 每个图解的图表步骤数为 20。

4.划分网格

第一次采用了品质高的网格，但是运算时间比较长，超过了一个小时，故更换为以下的参数，品质为中等。

5.结果

| 网格 细节 | |
|----------------------|-------------|
| 算例名称 | 跌落测试 1 (默认) |
| 网格类型 | 实体网格 |
| 所用网格器 | 基于曲率的网格 |
| 雅可比点 | 4点 |
| 最大单元大小 | 22.4233 mm |
| 最小单元大小 | 7.47435 mm |
| 网格品质 | 高 |
| 节总数 | 17410 |
| 单元总数 | 18025 |
| 最大高宽比例 | 34.398 |
| 带高宽比例的单元 百分比 < 3 | 97.7 |
| 带高宽比例的单元 百分比 > 10 | 0.144 |
| 屈曲单元 (雅可比) 的 % | 0 |
| 重新网格使带不兼容网格的零件失败 | 关闭 |
| 完成网格的时间(时:分:秒) | 00:00:03 |
| 计算机名 | |

图3.1.8 网格细节

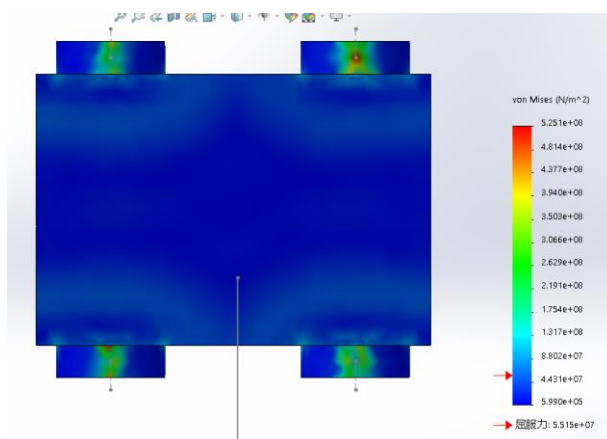


图3.19 (1) 应力

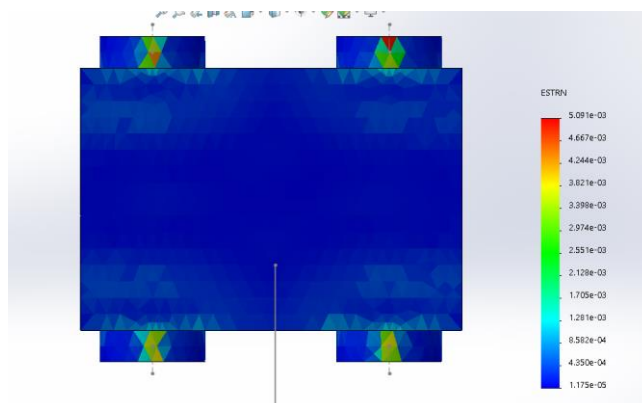


图3.19 (2) 应变

由于设置为全局接触，底盘变为刚体，最大应力出现在四个轮子与地面的接触点处。经实地测试，每组轮

子用两个弹性系数3.7N的弹簧可以承受起步兵的跌落。

3.2 设计图纸

详情见本文档附录，以及提交附件中的 step 文件（注：包括 step 文件和工序卡）。

3.3 材料和工艺

3.3.1 材料

材料选择为6061合金，6063合金，玻璃纤维板。以上材料均可由实验室内的机床加工节省成本。
具体工艺详见附件（工序卡）。

工艺改进——打孔

之前在铝管上的孔都是由钻台根据画的线打的孔，孔很容易打歪，给组装带来麻烦，浪费资源。这次我们抛弃了之前画线的方法，先用激光切割机在轻木板上切出铝管上每个面上孔的位置，然后将轻木条取下，贴在代加工的铝管上，然后再打孔，这样孔就准确多了，装起来也方便。虽然增加了时间和金钱成本，但是是值得的，因为机器能很好的组装起来并发挥它最大的作用，轻木也不贵，比起铝管便宜，所以我们队还是很喜欢这个方法的。

3.3.2 成本

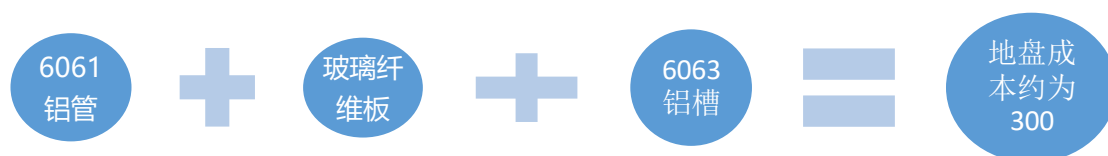


图3.3.1 成本分析

类似于减震、合页等都是原来的，并没有重新购买，还有部分零件为自己加工的，也节省了很多成本。

3.4 有限元分析

3.4.1 分析对象

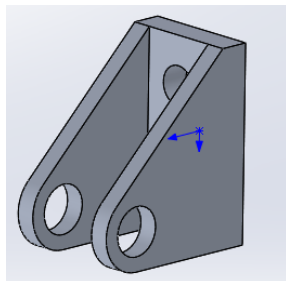


图3.4.1 上减震固定座

减震固定座承受着弹簧的弹力，减震固定座若承受不了力而破坏，步兵底盘就失去了与轮组的连接，无法移动。

3.4.2 确定受力

分割面：弹簧在最大压缩量时，弹力与水平面夹角为 65.17° 。将连接孔用与水平面成 114.83° 的面分割。

力：每个面上平均分得 17.5N 的力，与水平面呈 65.17° 。

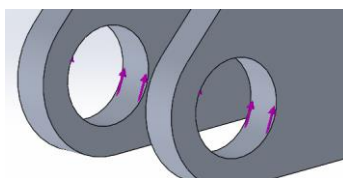


图3.4.2 受力分析

3.4.3 固定位置

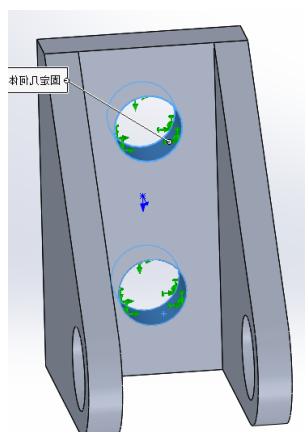


图3.4.3 固定位置受力分析

3.4.4 材料

材料为6063铝合金。

3.4.5 目标

承受最大弹力。

3.4.6 划分网格

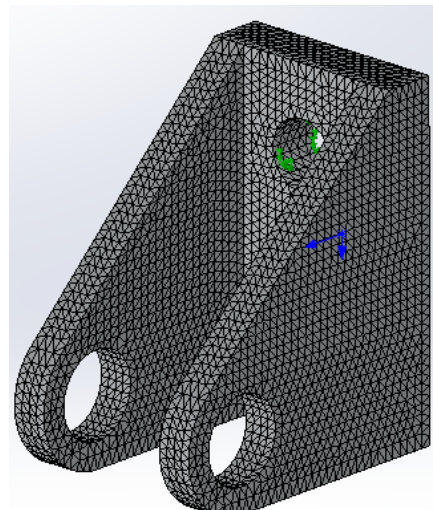
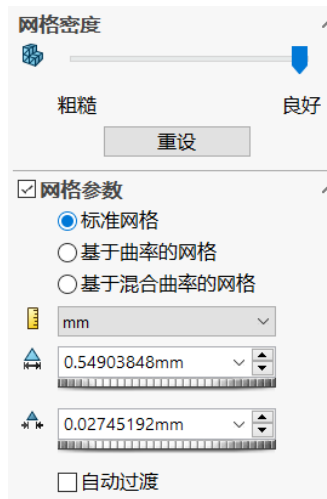


图3.4.4 划分网格

3.4.7 运行

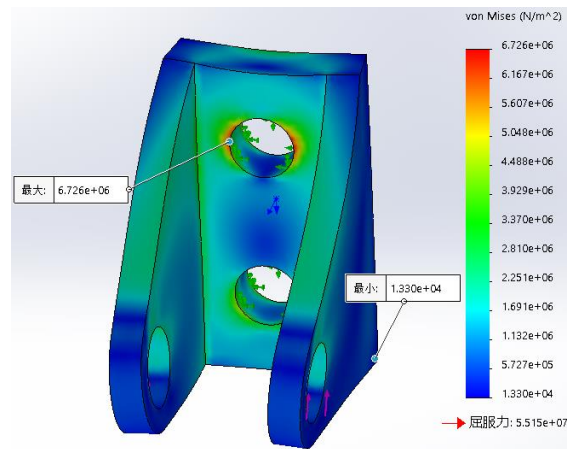


图3.4.5 (1) 应力图

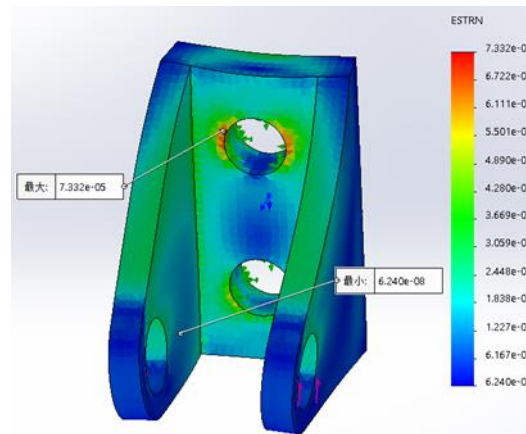


图3.4.5 (2) 应变图

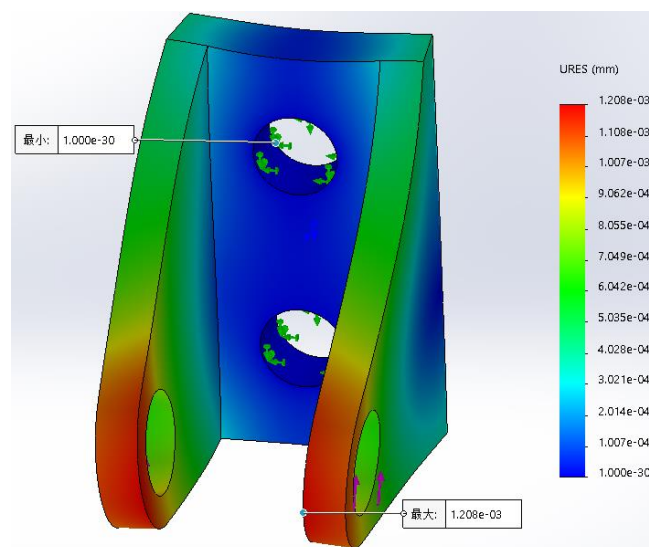


图3.4.6 合位移图

最大应力6.726Mpa, 最大应变 7.332×10^{-5} mm/mm, 最大合位移 1.208×10^{-3} mm。由图可知, 满足要求, 并未出现断裂。

3.4.8 优化

设计算例设置

设计变量

| 名称 | 类型 | 数值 | 单位 |
|----------|-------|-------------------|----|
| length | 带步长范围 | 最小:16 最大:20 步长:10 | mm |
| diameter | 带步长范围 | 最小:3 最大:4 步长:2 | mm |

约束

| 传感器名称 | 条件 | 界限 | 单位 | 算例名称 |
|-------|----|--------------|------------------|---------|
| 应力 3 | 小于 | 最大:6.726e+06 | N/m ² | 静应力分析 2 |

目标

| 名称 | 目标 | 属性 | 重量 | 算例名称 |
|------|-----|----|----|------|
| 质量 2 | 最小化 | 质量 | 10 | - |

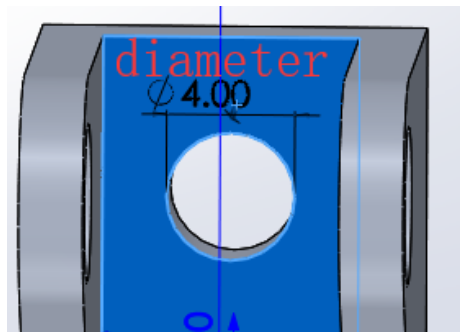
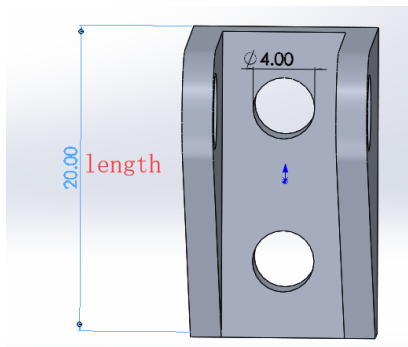
算例结果

6 情形 (共有 6) 已成功运行。

| 零部件名称 | 单位 | 当前 | 初始 | 优化 | 情形 1 | 情形 2 |
|----------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| length | mm | 20 | 20 | 20 | 16 | 20 |
| diameter | mm | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 应力 3 | N/m ² | 6.7259e+06 | 6.7259e+06 | 6.7259e+06 | 1.4387e+07 | 8.3784e+06 |
| 质量 2 | g | 3.57005 | 3.57005 | 3.57005 | 2.97874 | 3.65911 |

| 零部件名称 | 单位 | 情形 3 | 情形 4 |
|----------|------------------|------------|------------|
| length | mm | 16 | 20 |
| diameter | mm | 4 | 4 |
| 应力 3 | N/m ² | 1.4406e+07 | 8.3507e+06 |
| 质量 2 | g | 2.88968 | 3.57005 |

注:



由结果可知优化效果不明显, 故仍采用原来的设计

第4章 算法设计

4.1 需求分析

| | |
|------|--------------------------------------|
| 问题 | 5m内装甲检测 |
| 使用场景 | 具有多个光源干扰下的Robomaster场地内 |
| 软件环境 | qt5+cmake+opencv3.4.1+Ubuntu14.04LTS |
| 硬件依赖 | 妙算1, 单目摄像头 |
| 性能要求 | 检测帧率达60帧以上, 准确率达到85%以上 |

4.2 方案设计



4.3 算法对比与性能分析

此算法主要针对环境光照变化方面进行设计，首先设定在低曝光条件下进行检测，一定程度下减小了光照变化的影响。同时单纯使用颜色识别对阈值过于依赖，在颜色识别与数字识别双重条件下，使得光照变化对误判的影响有效降低。

此算法通过双重检测，即颜色识别与数字识别两方面，较大程度提高了准确率。同时也确保了一定的帧率。

计算坐标过程中采用单目摄像头测距的方法，使用到OpenCV中的solvePnP函数，输入已经提取出的已知特征点的像素坐标，再加上这些特征点的实际相对位置，即可计算出装甲板的物理三维坐标，此种方法与双目测距相比，精度稍低，但是处理速度快，在5m内已经可以达到精度要求，若使用双目测距得到的帧率会较低，影响实际效果。

我们预先设计了3种方法：

| | |
|----------------|---|
| 1.仅使用图像处理方法 | 此种算法仅从图像处理角度进行分析，使用此种算法，可达120帧以上，但是此种方法准确率不高，过于依赖阈值，光照等条件会造成影响。 |
| 2.使用神经网络进行训练 | 我们尝试使用了轻量级的yolo3进行训练，此方法准确率尚佳，但是识别的帧数太低，仅达20帧左右。 |
| 3.使用图像处理+SVM方法 | 使用此种方法，可达60帧左右，且准确率尚可，目前我们采用的就是此种方法。 |

第5章 人机工程分析

一个好的产品不仅要求设计出色，更重要的还是需要为人所用。人机工程分析在我们的设计过程中作为优先考虑内容，良好的人机工程将为操作手和维护的人员将给予非常好的享受和体验。我们将以工程车一键登岛为例，进行人机工程案例分

5.1 设计一键登岛的目的

很长时间以来我们的机器人都是利用图传发来的第一视角信息，工程车在距离资源岛附近时变换伸缩腿，如遇对方机器人的干扰很容易登岛失败，战斗力将大打折扣。从另一方面来讲，战场上的局势瞬息万变分秒必争，采取一键登岛的方式将大大节省登岛时间，避免操作手记下许多按键的情况。

5.2 硬件材料

| 硬件材料 | |
|------|--------------------------------|
| 传感器 | 工程机器人车身前后装有超声波传感器，放置距离地面高度20cm |
| 动力系统 | 两辅助驱动轮由3508电机驱动 |
| | 四个伸缩气缸 |
| 开发板 | 一块A型开发板 |

5.3 设计设备



图5.3 工程机器人登岛原理图

5.4 方案效果

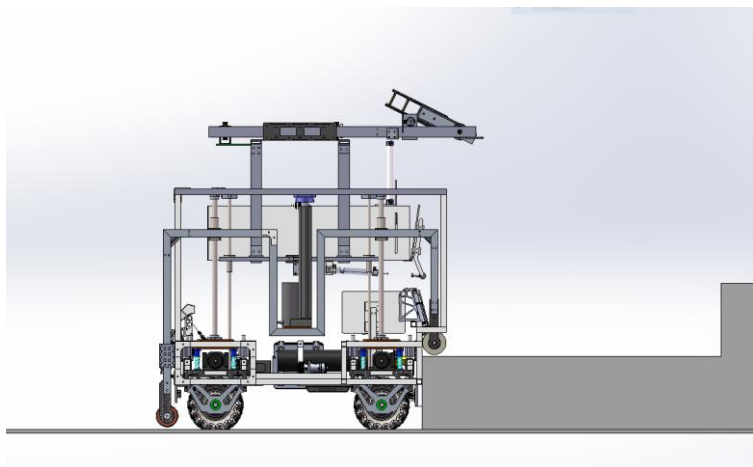


图5.4 工程机器人侧面设计图

我们将配有超声波传感器，提高对地面高度判断的准确性和稳定性。同时利用3508电机作为驱动轮的动力系统，保证前进动力充足，四个伸缩气缸控制简单，抬升迅速，大大减少所消耗的时间。保证此方案的合理性和可操作性，与之前登岛方式相比减少了大量时间。同理下岛过程即为上图原理的逆过程。

第6章 科学设计方法

以装甲检测为例，进行相关分析。

6.1 装甲检测功能

检测场景中目标位置，在目标发生位置时保证目标位置的稳定性与正确性及保证帧率尽可能的高，在多目标情况下，保证打击的一致性。

6.2 原理及操作

装甲检测的基本原理如下：

(1) 预处理操作

首先将摄像头读取到的RGB格式图像转化为HSV图像，通过给定阈值，将所检测到的颜色区域提取边缘设置为ROI，再对ROI进行操作。



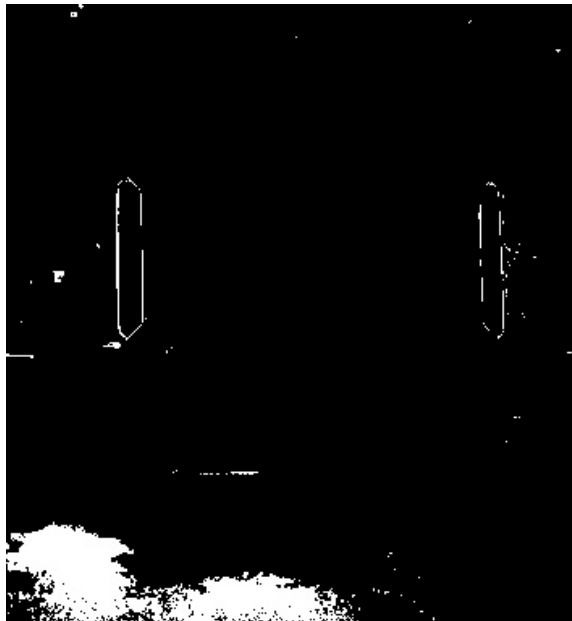
图6.2.1 装甲板原图

具体实现步骤:

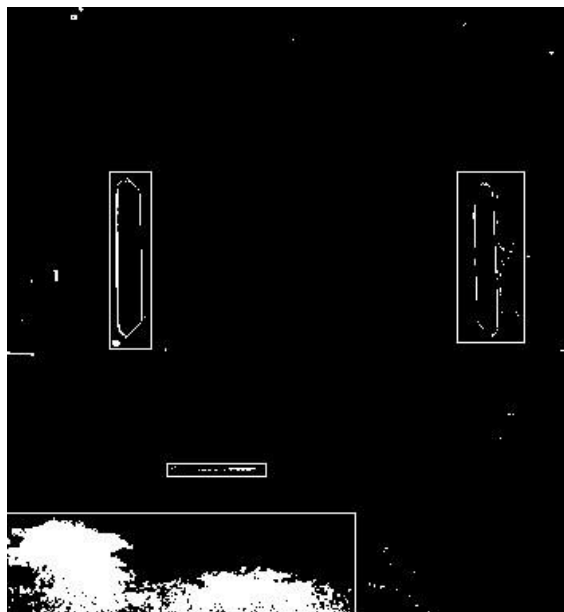
1. 将所观测到的图像用opencv中的cvtColor函数转化为HSV通道函数
- 2.



3. 通过OPENCV中的inrange函数进行阈值化



4. 使用findcontours函数进行处理，边缘提取，最终找到ROI



5. 剔除过小区域，再使用cvtColor函数转化为灰度图像，再进行形态学操作和滤波操作，使用findcontours寻找轮廓并进行填充，设为备选灯条对。

(2) 灯条对检测

通过设定限定条件，对所找到的ROI进行判定，找到符合条件的灯条对

具体实现步骤：设定了装甲板的长宽比，椭圆拟合前后的面积比，灯条的平行度，灯条中心点的颜色等限定条件，并一一进行判定，寻找到合适的灯条对。

(3) 中心图案检测

通过SVM算法，将中间数字识别，防止误判。

处理后效果：



(4) 三维坐标解算

提前标定好相机并存入相关数据，将得到的装甲板的特征点，比如装甲板的四个角的像素坐标，用OpenCV中的solvePnp函数处理得到装甲板中心点在摄像头坐标系的坐标。

(5) 预测打击

将得到的一系列坐标点进行卡尔曼滤波处理，并进行一定的预测，将最终的坐标通过串口通信输入单片机实施跟踪打击。

```

[]
Point3f XYZ_predict(Point3f XYZ, double dt1, double dt2, bool change_target, double &yaw, double &pitch)
{
    //初始化卡尔曼滤波,只有在第一次才需要初始化
    if (change_target == 1)
    {
        MyInit(6, 3);
    }

    Mat measurement = Mat::zeros(3, 1, CV_32F); //观测向量
    measurement.at<float>(0) = (float)XYZ.x;
    measurement.at<float>(1) = (float)XYZ.y;
    measurement.at<float>(2) = (float)XYZ.z;

    MyCorrect(dt1, measurement); //更新

    //dt2 += (hypot(XYZ.x, XYZ.z))/ BALLISTIC_SPEED1; //预测时加上子弹飞行时间

    Point3f XYZ_pre = MyPredict(dt2); //预测

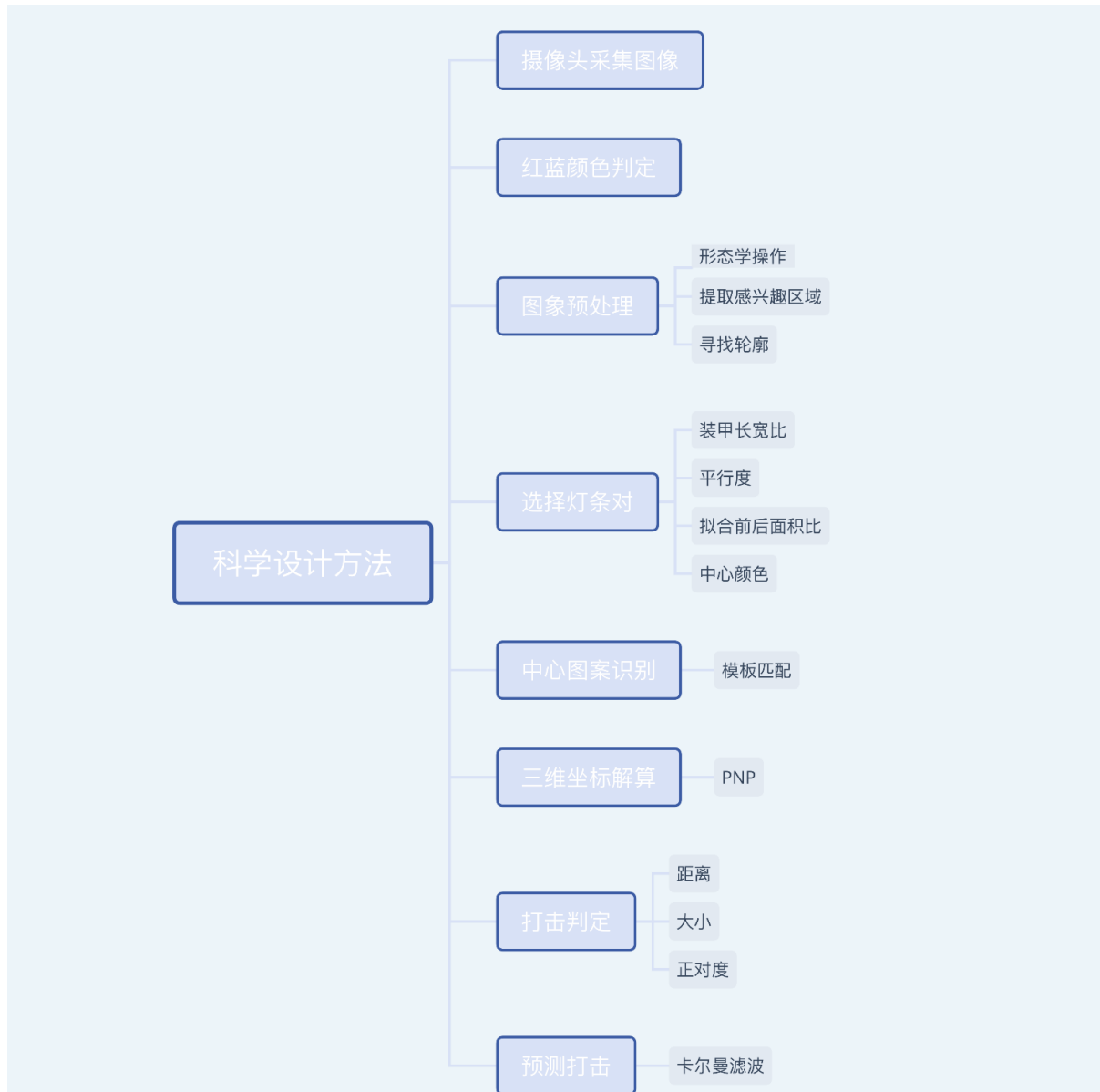
    ballistic_angle(XYZ_pre, yaw, pitch); //弹道计算得到预测角度
    return XYZ_pre;
}

```

6.3 软件及环境

使用VS2019+windows10+opencv3.41进行开发

6.4 流程图



第7章 科学实践改进

以步兵云台弹道设计为例进行科学实践改进。

本次设计下供弹步兵云台是集拨弹机构，供弹机构，发射机构为一体的具有复杂机械结构和需求功能的“强力武器”。为保证机械结构整体性能达到所要求，要把科学的理论依据与实践结合，故以云台供弹机构弹道为案例。

7.1 云台弹道设计需求分析

弹道即供弹机构主要的功能是传输弹丸（总功能要求），保证在整个比赛过程高效率地为发射机构供应弹丸，同时不能因为但到结构问题导致发生卡弹问题。此外，根据规则要求在每次比赛后清空弹道及弹仓内弹丸，则要求弹道不可能是封闭的，必须有可以“活动”的部分。

7.2 弹道总功能分析与分解

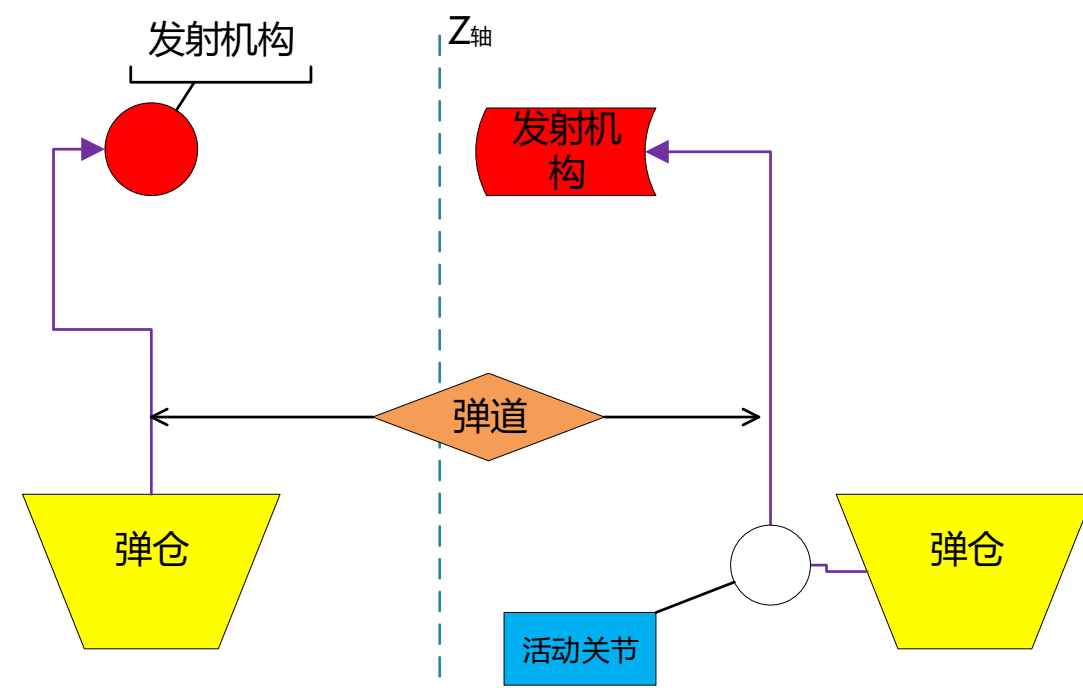


图7.2.1 下供弹弹道

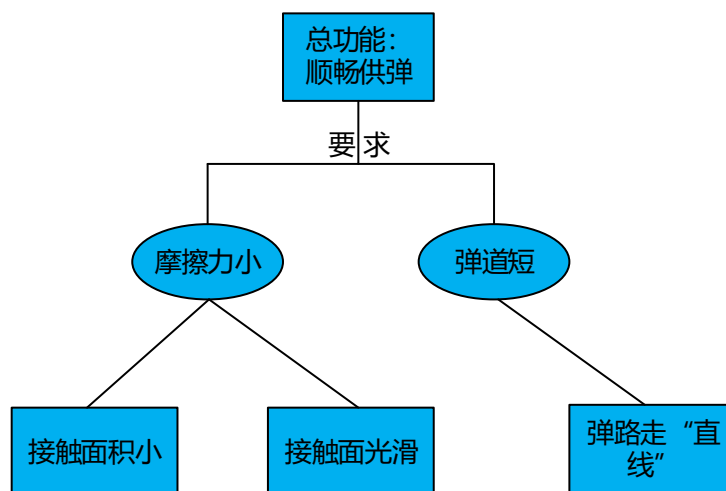


图7.2.2 弹道功能分析

7.3 结果分析

7.3.1 实例设计

接触面方面右图中改进后的零件相对于左图明显增加了镂空设计，弹丸在经过此零件弹道是接触的相对面积明显变少。而接触面光滑程度方面先期是以PLA材料为原料制作的，但打印件较粗糙，后经过3D打印抛光液处理，其表面光滑程度有较大的提高，经过实际测试，还是不能够满足要求。在改进版的零件中采用新的材料即树脂材料，同时在拐角处增加了轴承。树脂材料通过光固化打印机调节到0.01mm精度（最小）来打印制作零件，可以体现细节并同时保持内壁光滑，同时轴承可在零件90度转角处转变力的方向，使得弹丸更易通过。右图零件相对左图中零件明显将弹道由“弯”变“直”，减短了弹丸经过的路程。由上述条件最终决定采用右图中零件模型

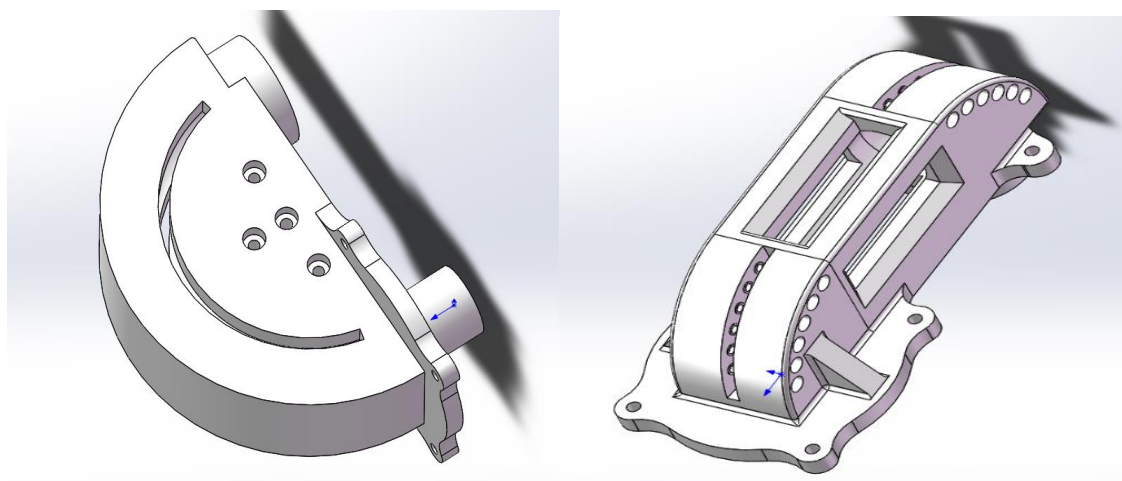
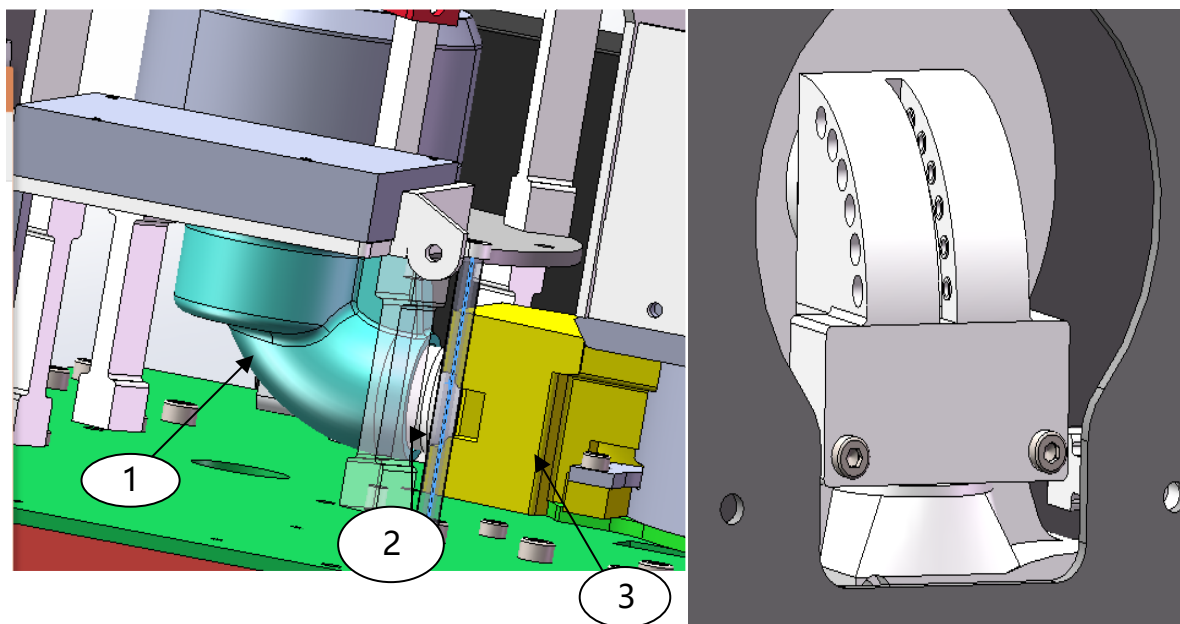


图7.3.1 同一零件的初稿与改进型（右图），

7.3.2 弹道“活关节”选择



根据规则要求在每次比赛后清空弹道及弹仓内弹丸，则要求弹道不可能是封闭的，必须有可以“活动”的部分。右图中是第一代设计中“活”关节设计位置与组成，其由3个零件组成，处于弹仓与炮台下部（比赛后将活关节取下后，弹丸便可沿通道在最底部“流出”）交接处，取弹时要挪动弹仓，经实际制作并测试后发现此方案取弹程序复杂，且3个零件与后不弹仓没有固连，车体运动过程产生较大不确定性，同时不易取装，故舍弃。右图方案二中结构仅一个零件活动，安装与取弹时直接可取下，较大程度上避免了方案一中的种种缺陷，故右图方案二较好，采用。

第8章 传感器选型

以工程机器人为例，其所配备的传感器有距离传感器和九轴传感器。

一、 距离传感器

选择距离传感器目的：当工程车接近资源岛旁边时，可以检测到与资源的距离，当距离达到阈值时，就可以开始登岛；下岛检测同理。

距离传感器的选型：

第一，由于赛场环境和灯光较为复杂多变，而且红外传感器受光线影响较大不适合作为工程机器人的距离传感器来使用，而超声波传感器不受灯光影响所以较为合适。

第二，由于工程机器人登岛为半自动化，且检测资源岛台阶要较为准确迅速，所以距离传感器灵敏度应较高。

第三，由于工程机器人未变形态下登岛时传感器安装位置距离台阶高度大约在10-20cm范围内，所以距离传感器的最大有效检测距离至少在20cm以上，测量盲区应在10cm内。

第四，在满足所有要求之后，我们应选择价格低廉，易于更换的传感器，也即性价比高的传感器。

因此，经过严格选型我们决定使用RCW-0001超声波测距传感器，该型传感器具有高稳定灵敏性能，适用于各种测试场合，且具有功耗低测量范围大盲区小的优点。

二、 九轴传感器

选择九轴传感器目的：控制底盘转的角度以及保证工程机器人可以直线行驶。

九轴传感器的选型：

第一，由于使用环境较为正常，所以该传感器对于使用环境没有严格要求，大部分九轴传感器都能满足该使用条件。

第二，由于对于工程机器人的姿态数据要十分精准，所以要选择灵敏度较高的九轴传感器。

第三，为减少主控芯片的任务，九轴传感器应具备直接处理数据的能力。

第四，在满足以上条件下我们应该选择价格低廉，性能更优越的九轴传感器。

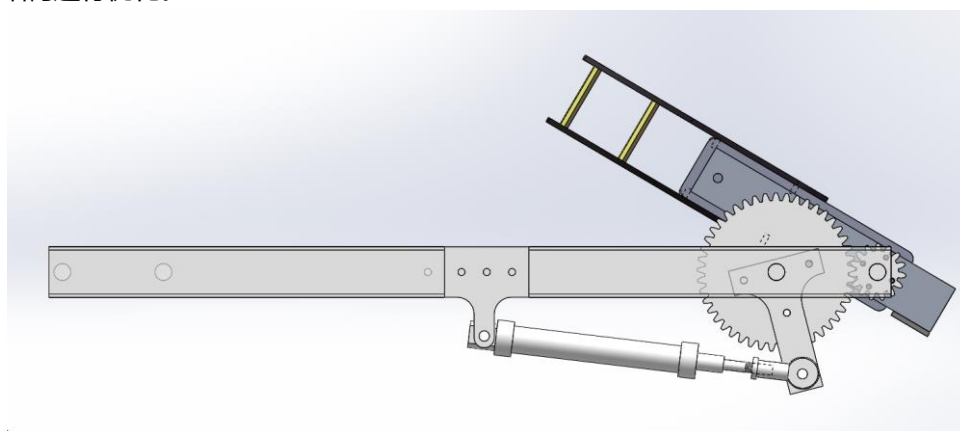
因此，经过严格选型我们最终决定使用MPU6500型号九轴传感器，该传感器价格较低应用广泛，精度和灵敏度更高，且内部集成有DMP使数据处理更高效。

第9章 创新性

以工程车取弹为例分析创新性。

工程车取弹是一项非常重要的功能，常规取弹用的是电机驱动实现弹药箱的翻转，这样在机械设计时确实方便了不少，但是成本太高。对于翻转这一个动作如果用气缸实现，不仅降低了成本，在控制上也更方便，也更能发挥机械方面的功能实现。

由于取弹机构只需完成弹药箱的翻转，所有底座就省去，只需要肩，考虑到规则对机器人的尺寸有限制，所以要对机械结构进行优化。



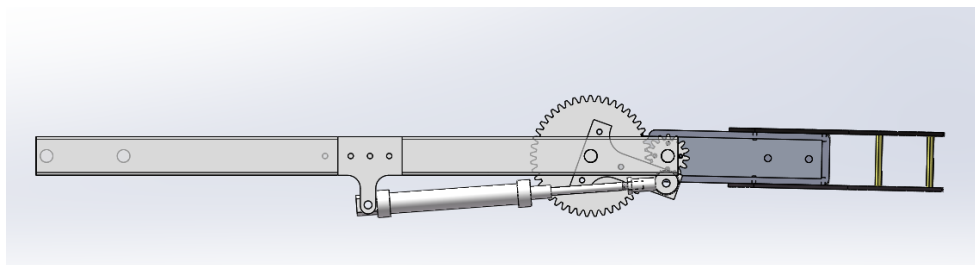



图9.1

利用齿轮传动可以实现弹药箱180度翻转（实际不需要180度，120就能让弹药全部倾倒），利用气缸推动大齿轮，大齿轮和小齿轮齿数比为3:1。

第10章 外观设计

此次战车外观设计以现代简约风格为主，色调采用无色彩系，加以简单凹槽纹理做修饰。

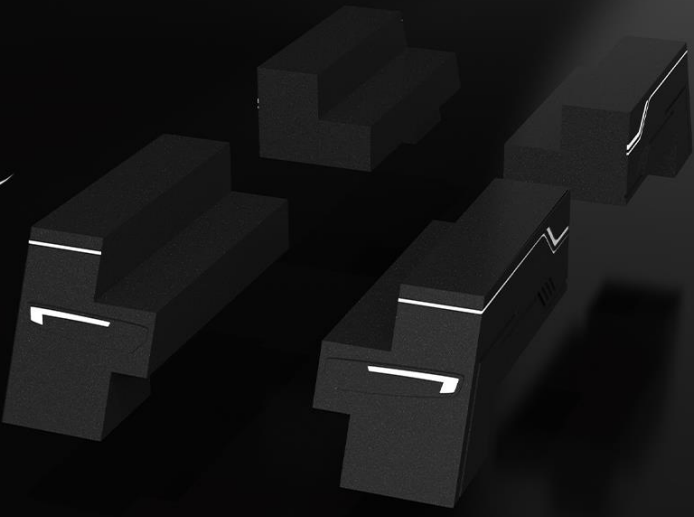
为方便比赛时视觉上的便捷性和不影响裁判系统运作，我们考虑放弃色彩的运用，进而采用无色彩系颜色，以达到视觉上的简约。此外，为减少加工时的繁杂，毕竟要把大部分精力放在战车性能本身，所以最后将外观风格确定在现代简约风格。又考虑到比赛的性质和比赛气氛，战车本身结构和运作性能，我们决定在机械组提供的外壳模型基础上装饰以纹理凹槽。纹理样式参考了一些市场工业产品造型，融合了结构主义和现代主义，以达到机甲作战本身所具有的科技感。



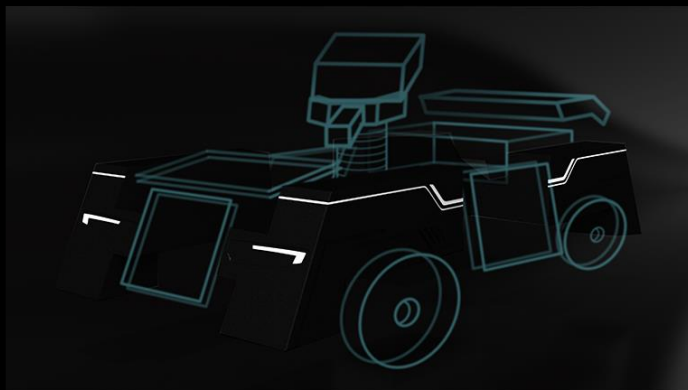
郑州大学
Zhengzhou University

LESS
is More

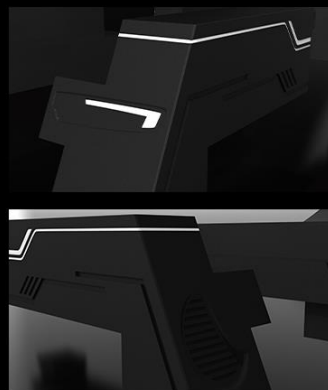
此次战车的外观设计以现代简约风格为主，色调采用无色彩系，加以简单凹槽纹理做修饰。为方便比赛时视觉上的便捷性和不影响裁判系统运作，我们考虑放弃色彩的运用，进而采用无色彩系颜色，以达到视觉上的简约。此外，考虑到大家繁重的学业和不能让机械组同学加工时太麻烦，毕竟要把大部分精力放在战车性能本身，所以最后将外观风格确定在现代简约风格。又考虑到比赛的性质和比赛气氛，战车本身结构和运作性能，我们决定在机械组提供的外壳模型基础上装饰以纹理凹槽。纹理样式参考了一些市场工业产品造型，融合了结构主义和现代主义，以达到机甲作战本身所具有的科技感。



Expected Effect Diagram



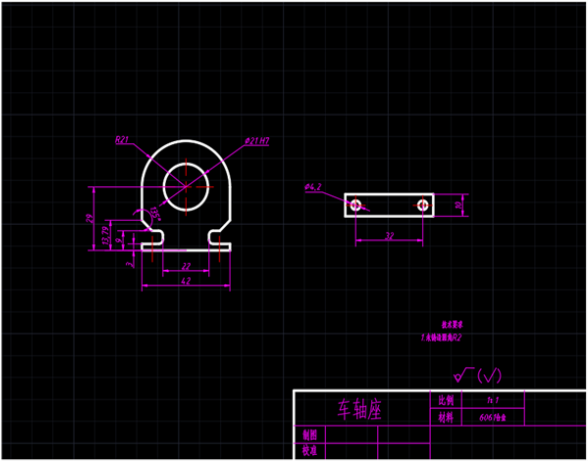
Detail

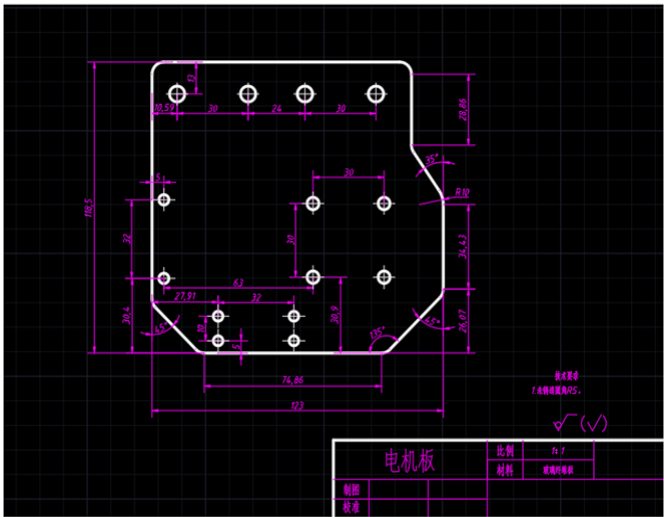


Idea



附录

| 机械加工工序卡片 | | | 产品型号 | 零件图号 | 零件名称 | 升降台进刀箱 | 共 4 页 | 第 1 页 |
|---|----------------------|----------|---------------|---------------|-------------|------------|-------|---------------|
|  | | | 产品名称 | 铣床 | 零件名称 | 升降台进刀箱 | 共 4 页 | 第 1 页 |
| | | | 车间 | 工序号 | 工序名称 | 材料牌号 | | |
| | | | 金工 | 4 | 铣削成型 | 6061 | | |
| | | | 毛坯种类 | 毛坯外形尺寸 | 每毛坯可制件数 | 每台件数 | | |
| | | | 快料 | 50x60x10 | 1 | 1 | | |
| | | | 设备名称 | 设备型号 | 设备编号 | 同时加工件数 | | |
| | | | 铣床 | JDPaint | 01 | 1 | | |
| | | | 夹具编号 | 夹具名称 | 切削液 | | | |
| | | | | | 乳化液 | | | |
| | | | 工位器具编号 | 工位器具名称 | 工序工时 (分) | | | |
| | | | | | 准终 | 单件 | | |
| 工步号 | 工 步 内 容 | 工 艺 装 备 | 主轴转速 r/min | 切削速度 m/min | 进给量 mm/r | 切削深度 mm | 进给次数 | 工步工时 机动 辅助 |
| 1 | 粗铣上下面 | 硬质合金端铣刀 | 12000 | 1.2 | 0.1 | 10 | 100 | 0.60 |
| 2 | 精铣出轮廓和内孔 d=21mm | 硬质合金端铣刀 | 12000 | 1.0 | 0.1 | 10 | 100 | 0.50 |
| 3 | 在底面用游标卡尺划线打孔 d=4.2mm | 游标卡尺, 钻头 | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| 机械加工工序卡片 | | | 产品型号 | 零件图号 | 零件名称 | 升降台进刀箱 | 共 4 页 | 第 2 页 |
|---|--------------------------|--------------|---------------|---------------|-------------|------------|-------|---------------|
|  | | | 产品名称 | 铣床 | 零件名称 | 升降台进刀箱 | 共 4 页 | 第 2 页 |
| | | | 车间 | 工序号 | 工序名称 | 材料牌号 | | |
| | | | 金工 | 4 和 8 | 铣钻平面 | 6061 | | |
| | | | 毛坯种类 | 毛坯外形尺寸 | 每毛坯可制件数 | 每台件数 | | |
| | | | 快料 | 130x120x2 | 1 | 1 | | |
| | | | 设备名称 | 设备型号 | 设备编号 | 同时加工件数 | | |
| | | | 铣床 | JDPaint | 01 | 1 | | |
| | | | 夹具编号 | 夹具名称 | 切削液 | | | |
| | | | | 专用铣夹具 | 乳化液 | | | |
| | | | 工位器具编号 | 工位器具名称 | 工序工时 (分) | | | |
| | | | | | 准终 | 单件 | | |
| 工步号 | 工 步 内 容 | 工 艺 装 备 | 主轴转速 r/min | 切削速度 m/min | 进给量 mm/r | 切削深度 mm | 进给次数 | 工步工时 机动 辅助 |
| 1 | 粗铣上下底平面 | 铣刀, 钻台, 游标卡尺 | 12000 | 1.2 | 0.1 | 3 | 30 | 0.55 |
| 2 | 粗铣钻点, 精铣轮廓 | 铣刀, 钻台, 游标卡尺 | 12000 | 1.0 | 0.1 | 3 | 30 | 0.58 |
| 3 | 在钻台上用 m4, m5, m6 的钻头加工出孔 | 钻台, 游标卡尺 | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|----------|--|------|--|--|--------|----------|---------|-------------|----------|----|
| 机械加工工序卡片 | | 产品型号 | | | 零件图号 | | | 共 4 页 第 4 页 | | |
| | | 产品名称 | | | 零件名称 | 升降台进刀箱 | | | | |
| | | | | | 铣床 | 工序号 | 工序名称 | 材料牌号 | | |
| | | | | | 金工 | 4 和 7 | 铣钻 | 6063 | | |
| | | | | | 毛坯种类 | 毛坯外形尺寸 | 每毛坯可制件数 | 每台件数 | | |
| | | | | | 铝槽 | 25x20x12 | 1 | 1 | | |
| | | | | | 设备名称 | 设备型号 | 设备编号 | 同时加工件数 | | |
| | | | | | 钻床 | JDPaint | 01 | 1 | | |
| | | | | | 夹具编号 | | 夹具名称 | | 切削液 | |
| | | | | | | | 专用夹具 | | 乳化液 | |
| | | | | | 工位器具编号 | | 工位器具名称 | | 工序工时 (分) | |
| | | | | | | | | | 准终 | 单件 |
| | | | | | | | | | | |

| 工步号 | 工 步 内 容 | 工 艺 装 备 | 主轴转速 | 切削速度 | 进给量 | 切削深度 | 进给次数 | 工步工时 |
|-----|------------------------|------------|-------|-------|------|------|------|------|
| | | | r/min | m/min | mm/r | mm | | |
| 1 | 粗精铣上下底平面 | 铣刀，钻台，游标卡尺 | 12000 | 1.2 | 0.1 | 12 | 120 | 0.20 |
| 2 | 粗铣钻点，精铣轮廓再在钻台上加工底面孔 m5 | 铣刀，钻台，游标卡尺 | 12000 | 1.2 | 0.1 | 12 | 120 | 0.21 |