

RoboMasters 机器人大赛技术报告

内蒙古科技大学 雷霆战队

RoboMasters 是一项全新的机器人超级对抗赛。参赛队伍需要通过自行设计制造三种机器人进行射击对抗。包括可以发射“弹丸”的 2 辆机器射手、1 辆机器炮手以及能够完成自动爬杆进行侦查的机器哨兵。同时还需要自行设计自动装弹系统，完成战车射手自动装弹。战队队员需要手动遥控机器人通过无线图传，在复杂的场地中移动并发射“弹丸”攻击对方机器人和基地以取得胜利。

设计过程如下：



一、车体底盘设计

根据具体任务，本模块完成了射手和炮手的车体底盘的机械设计。设计内容包括车体底盘系统总体方案的确定，车体底盘系统的设计，重要零件的设计计算，以及设计采用的工艺流程。

1.方案论证：

方案一：三轮全向轮系车体底盘，装配图如图

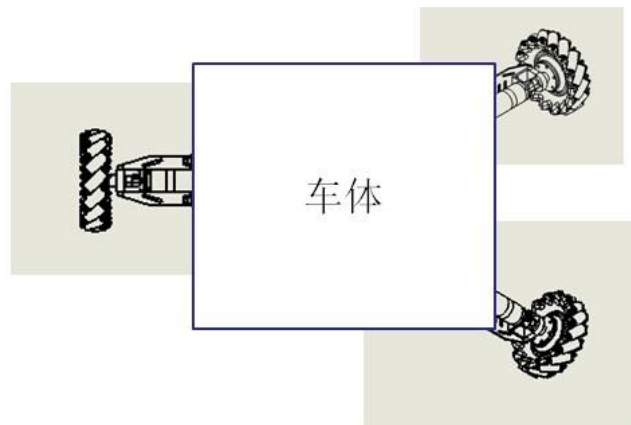


图 1.1 三轮全向轮系车体底盘装配图

三轮全向轮系车体底盘结构在路经调试时，灵活性能较好；因场地障碍较多，车体可能会发生碰撞，需进行耐碰撞测试，测试结果耐碰撞性能一般；考虑到现有的加工条件，此方案在制作工艺上难度较大；三轮全向轮系车体底盘稳定性一般。

方案二：差速轮系车体底盘



图 1.2 差速轮系车体底盘装配图

差速轮系车体底盘结构在路经调试时，灵活性能一般；在耐碰撞测试，测试结果耐碰撞性能较好；此方案在制作工艺上难度不大，比较容易实现；差速轮系车体底盘稳定性较好。

方案三：四向全向轮系车体底盘

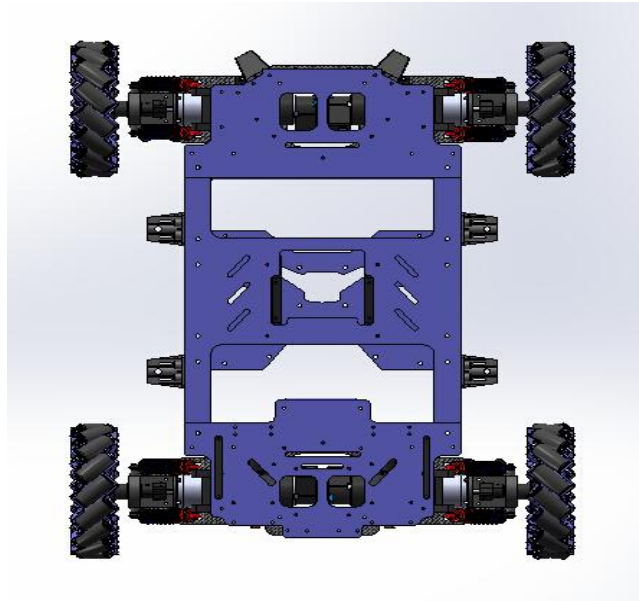


图 1.3 四向全向轮系车体底盘装配图

四向全向轮系车体底盘结构在路径调试时，灵活性能较好；在耐碰撞测试，测试结果耐碰撞性能较好；此方案在制作工艺上较有难度；四向全向轮系车体底盘稳定性较好。

综合上述三种方案的比较，设计选用四轮全向轮系车体底盘结构为设计方案。

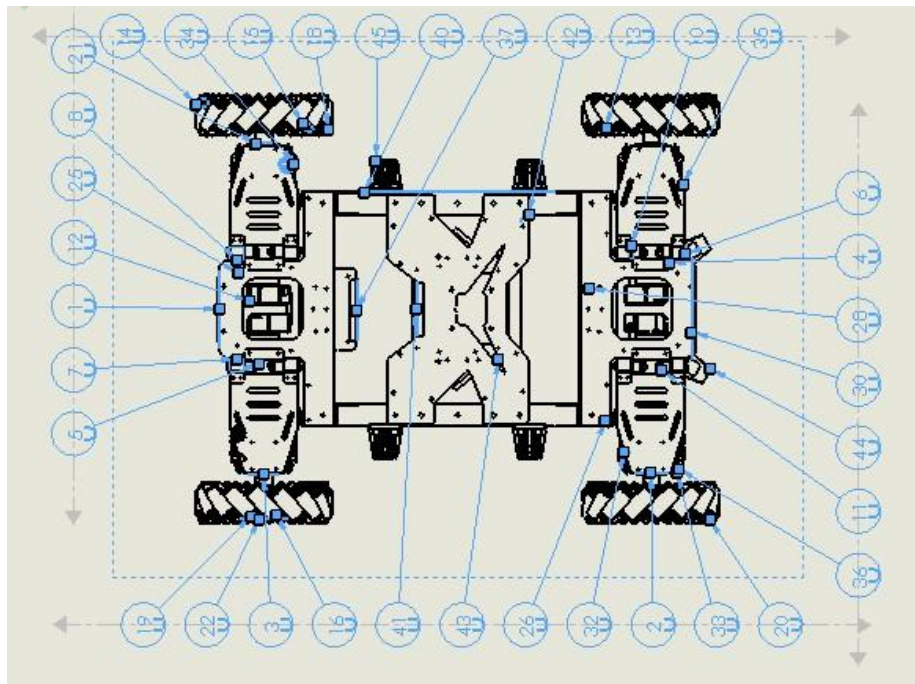


图 1.4 底盘装配图

表 1.1 底盘转配图说明表

	A	B	C	D
1	项目号	零件号	说明	数量
2	1	底部碳纤维板		2
3	2	轮组板		4
4	3	贝-减震轴承座		4
5	4	贝-旋转轴配合座		4
6	5	贝-旋转轴		8
7	6	贝-法兰轴承 7x13x4		8
8	7	贝-旋转座 2		4
9	8	贝-旋转座 1		4
10	9	轴承 7x13x4		8
11	10	贝-平面推力球轴承		8
12	11	螺母 M6		8
13	12	底盘电机		4
14	13	麦轮钣金		8
15	14	滚花橡胶轮外		64
16	15	滚花铝柱		64
17	16	轴承 5X10X4		128
18	17	铜管 3X5		64
19	18	螺丝		64
20	19	垫片		128
21	20	螺母		64
22	21	车轴		4
23	22	轮轴配合		4
24	23	贝-轴承 12X21X5		8
25	24	贝-新式联轴器		8
26	25	支撑 1		2
27	26	支撑 2		4
28	27	支撑柱		6
29	28	电源头固定座		2
30	29	电源插头		4
31	30	前部板		1
32	31	避震上支架		4
33	32	避震筒		8
34	33	避震头		8
35	34	避震弹簧		8
36	35	调节环		8
37	36	鱼眼头		8
38	37	后部板		1
39	38	后壳固定架		2
40	39	横梁		2
41	40	横梁下		2
42	41	底部钣金		1

43	42	中部钣金		1
44	43	贝-机架云台支撑1		2
45	44	前部外壳支撑		2
46	45	中部外壳支撑		4

2. 四轮全向轮系车体底盘构成

四轮全向轮系车体底盘是机器人的基础。底盘的结构决定了云台机构的布局，其稳定性决定了机器人的整体性能。

设计过程中，必须考虑以下因素：

(1) 底盘与上部机构整合后将重心放置车体中心，以防止出现启动、刹车时后仰前倾；并且在撞击时不会翻车和前倾。

(2) 底盘材料选用硬质铝板加工而成，用螺丝将各部分连接在一起以使底盘强度满足比赛要求，能抵抗冲击与撞击。

(3) 底盘采用两层铝板组合而成，尽可能将底盘零件放置在铝板中心，能有效的利用上部空间，方便安装上部机。

2.1 麦克纳姆轮运动分析

赛制规定，车体底盘轮组选用四轮全向麦克纳姆轮完成，该车轮具有良好的可控性，行走灵活，提速快。

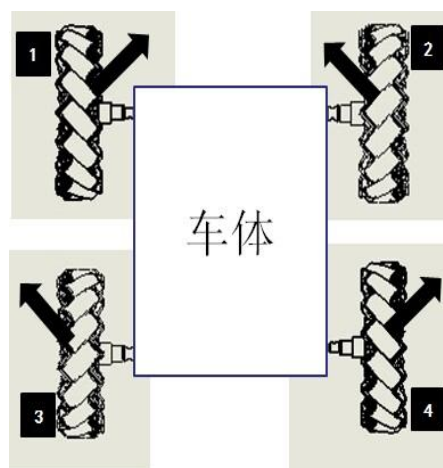


图 1.5 麦克纳姆轮底盘

麦克纳姆轮：车轮外环中固定与轴心成 45° 的自由滚子，这种设计，车轮旋转时成 45° 排列的自由滚子与地面接触，地面会给予车轮与转轴夹 45° 的摩擦力，此摩擦力可分为 X 分量与 Y 分量，藉由车轮的正反转或停止，改变 XY 分量力的方向，可让平台做各种方式的移动。

车体运动方式：当四个车轮同时正转时，车体前进；当四个车轮同时反转时，车体后退；当 1、4 车轮正转，2、3 反转时，车体向右平移；当 2、3 车轮正转，1、4 车轮反转时，车体向左平移；当 1、3 车轮正转，2、4 车轮反转时，车体原地向右旋转；当 2、4 车轮正转，1、3 车轮反转时，车体原地向左旋转。以此实现车体任意方向移动。

2.2 车体底盘轮组

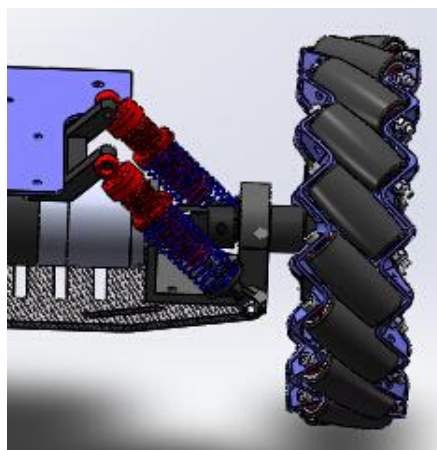


图 1.6 车轮底盘轮组装配图

(1) 避震器

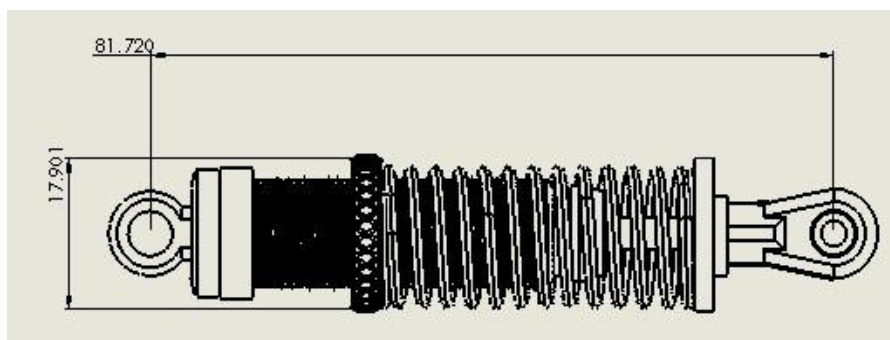


图 1.7 避震器尺寸图

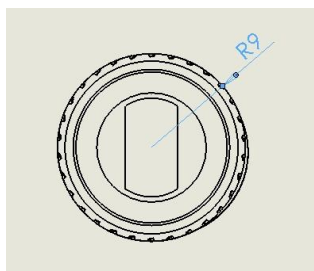


图 1.8 避震器剖面图

避震器使用方法：采用独立悬挂法，用避震器将轮组与上部车板连接。

避震器作用：增强底盘运行的稳定性，减少车体的震动；使地盘具有一定的越野性能，运行更稳定；减弱底盘运动时引起的车体震动。

(2) 联轴器

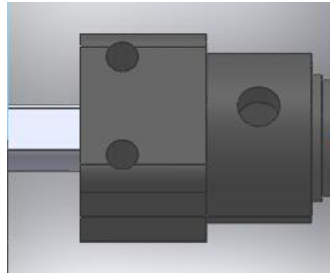


图 1.8 联轴器外观图

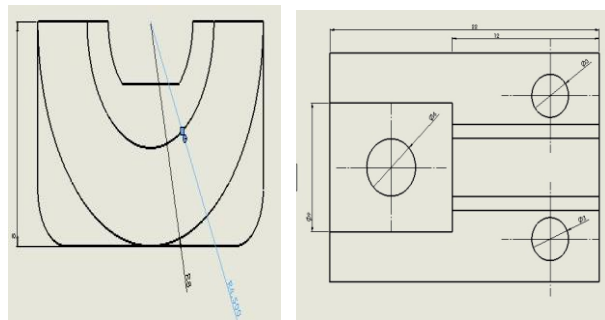


图 1.10 联轴器尺寸图

联轴器是用来连接电机与麦克纳姆轮，起到共同旋转的作用。在高速重载的动力传动中，具有缓冲、减震、和提高轴系动态性能的作用。

材料选择：为节省加工成本，在五金市场买到必要尺寸相同的类似原件。

加工方法：线切割

(3) 电机轴承座

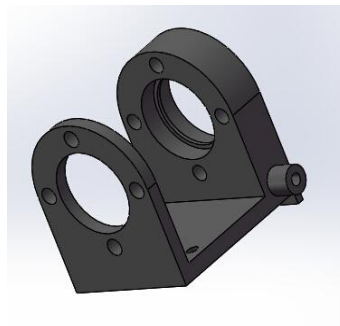


图 1.11 电机轴承座外观图

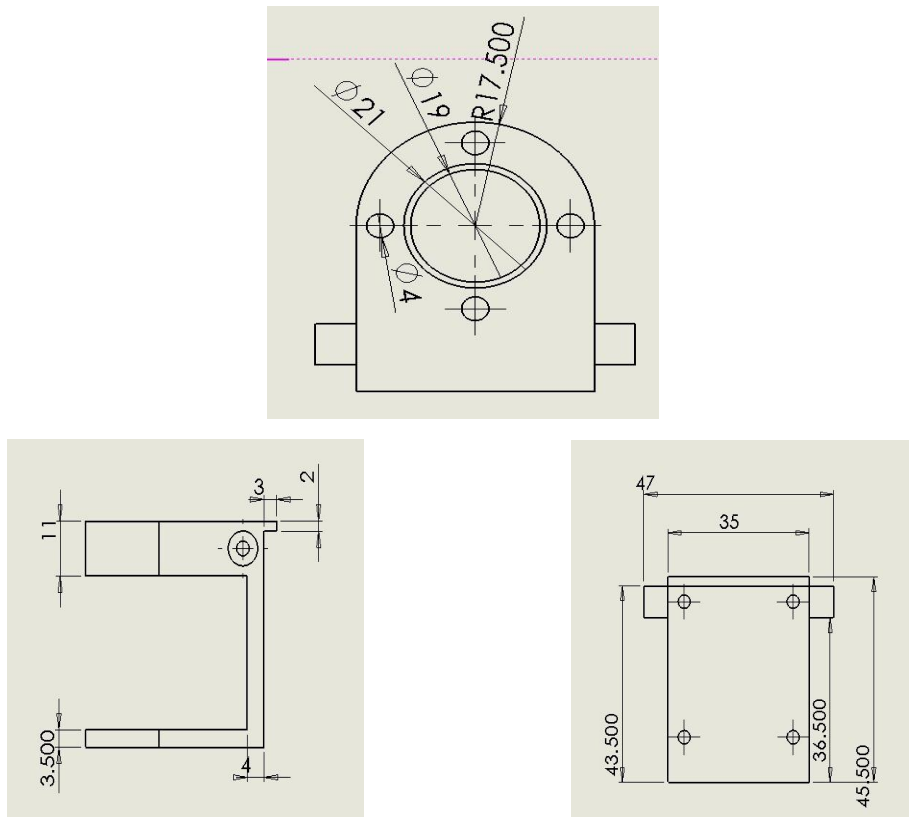


图 1.12 电机轴承座尺寸图

材料选择：方形铝坯

加工方法：线切割、钻台

作用：保障电机的安装与轮子安装的同轴度，同时保护电机轴，使轮子受到冲击时，不会让电机轴产生形变。

(4) 轮轴

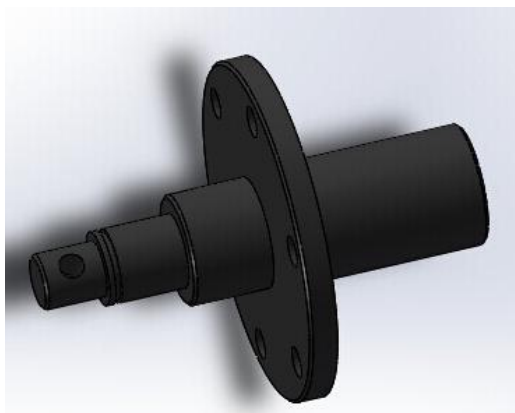


图 1.13 轮轴外观图

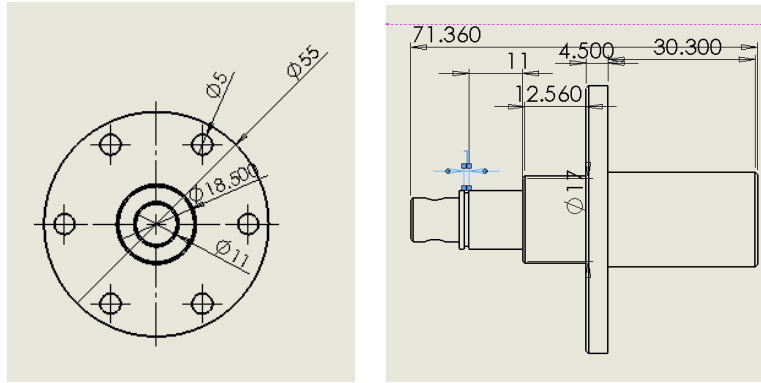


图 1.14 轮轴尺寸图

安装方法：用螺栓将轮轴的法兰盘与麦克纳姆轮固定，并通过联轴器与电机相连。

作用：轮轴起到连接作用。

材料选择：铝柱。

加工方法：车床加工。

2.3 底盘车架

(1) 底板

底板作为底盘的重要部分，具有链接底盘各个构件，支撑上部车体的作用。在材料选择方面应保持其较高硬度，并保证各尺寸的精确度。

底板尺寸：来自开源资料底板尺寸

材料选择：硬质铝板

加工方法：线切割，钻床

(2) 横梁

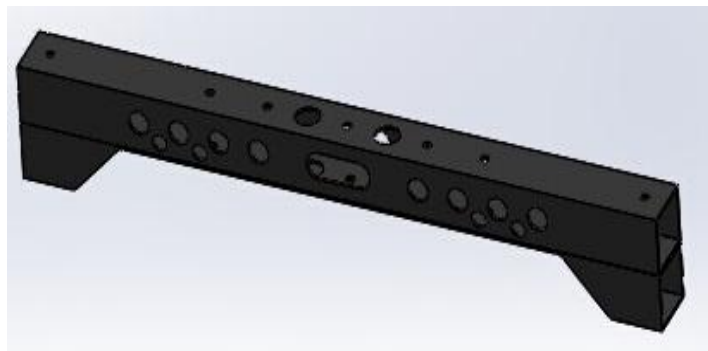


图 1.15 横梁外观图

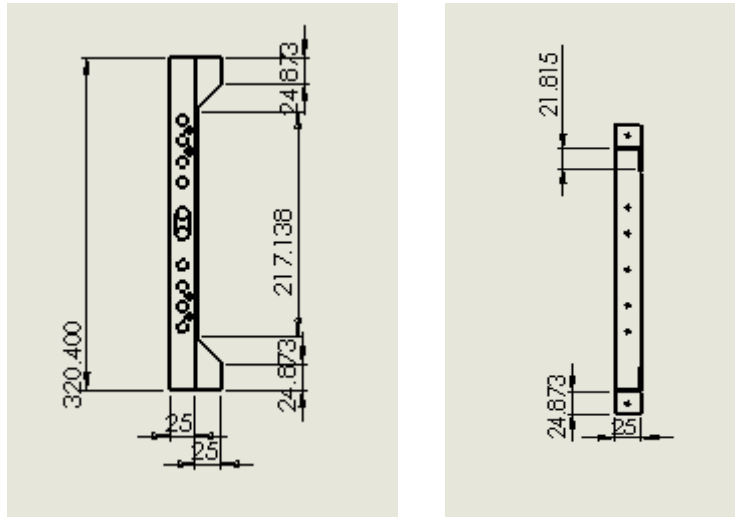


图 1.16 横梁尺寸图

横梁是连接前部车轮与后部车轮的底板的支撑，硬度要求较高。

材料选择：25*25 的方形铝架。

加工方法：线切割加工

装配方法：采用螺栓连接

(3) 底盘支撑



图 1.17 底盘支撑外观图

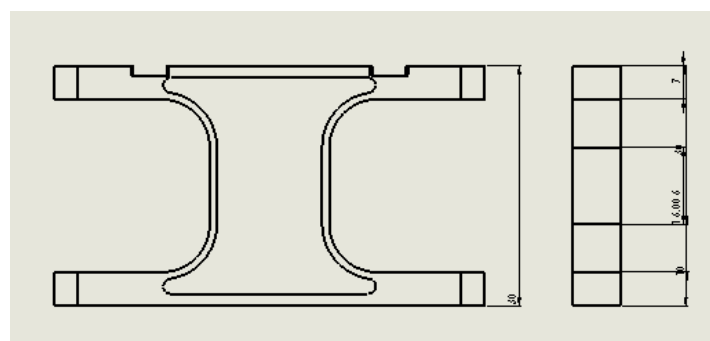


图 1.18 底盘支撑尺寸图

底盘支撑的主要作用是稳固上下底板，故对其加工精度要求不高。

材料选择：ABS 树脂

加工方法：3D 打印

(4) 贝旋转轴

贝旋转轴作用为链接底部板，并增加其活动性能，与避震器相互配合，使避震效果更好

材料选择：为节省加工成本，选取合页代替。实验证实，两者效果相近。



图 1.19 贝旋转轴外观

车体装配中遇到的问题及解决方案：

①由于各个轮组与车架之间活动空间较充足，导致装配好之后出现车架向下塌陷，轮组轴线不水平的问题，甚至可能影响避震器的功能。

解决方法：在上下底板之间安装支撑，尽可能使底盘均匀受力。

②由于底盘上下底板之间空间有限，电机完全安装在两者之间。在车体震动过程中，由于避震器的活动量，会导致电机与底板相互挤压。

解决方法：把底板的与电机接触部位解掉一部分，给电机留出充分的活动空间。

二、射手摩擦轮发射云台

射手云台工作过程：子弹进入漏斗后流入弹夹，此时摩擦轮启动，拨轮旋转使子弹进入枪管，摩擦轮高速旋转，子弹被发射出去。

本模块设计参照 DJI 官方的摩擦轮云台解决方案，进行了一系列技术改进和

简化。同时由于成本控制问题，去除一些次要的结构。云台主体采用 PLA 材料通过 3D 快速成型加工制造。根据各零件和机构的受力情况以及材料特性，现有条件所能达到的加工精度进行相应结构和解决方案的改进。

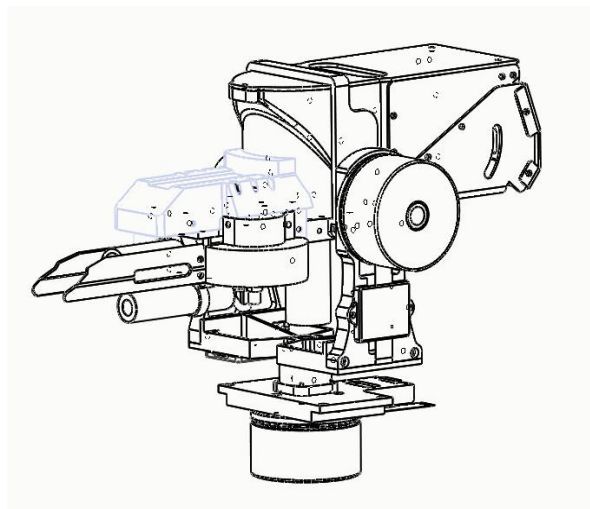


图 2.1 官方射手云台装配图

1.官方射手云台设计方案

比赛官方提供的摩擦轮云台解决方案如图 2.1 所示。主要包括以下几大部分：

(1) 旋转俯仰机构

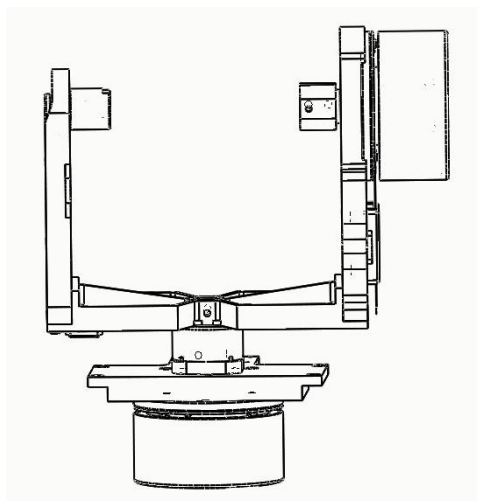


图 2.2 旋转俯仰结构图

(2) 弹夹及拨轮机构

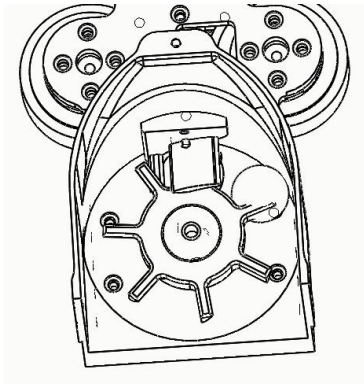


图 2.3 弹夹及拨轮结构图

(3) 摩擦轮发射机构

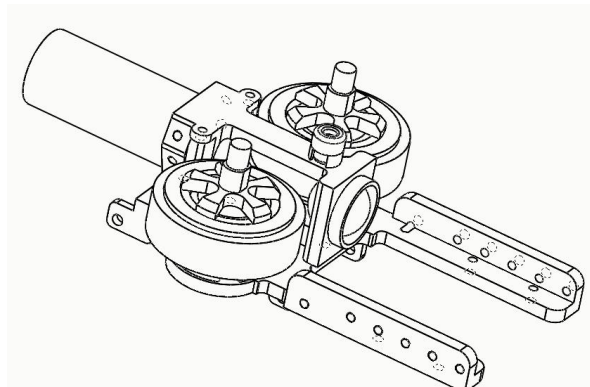


图 2.4 摩擦轮发射结构图

2.技术改进后的方案设计

(1) 云台整体旋转由随动系统控制，底部步进电机带动jd云台车Z15_17_roll轴驱动yun_水平支撑件实现整体旋转，同时车身跟随旋转，实现枪体旋转。由于电机、转轴、支撑安装后有径向变形，导致枪体旋转过程中晃动严重，且底部电机需要产生较大扭矩，增大了云台的稳定时间。因此，取消底部旋转步进电机，直接将车体固定于车身，减少云台稳定时间。

(2) 根据3D快速成型材料PLA材料的强度，将侧面支撑加厚，单侧悬挂俯仰电机导致云台整体偏心，旋转过程中易使侧面支撑震动，瞄准过程中精度降低。所以将侧面支撑加厚，并在电机侧支撑与支撑底座之间用拉条相连，以提高其稳定性。

改进后，云台支撑的强度及稳定性有显著提高。

云台支撑改进前：

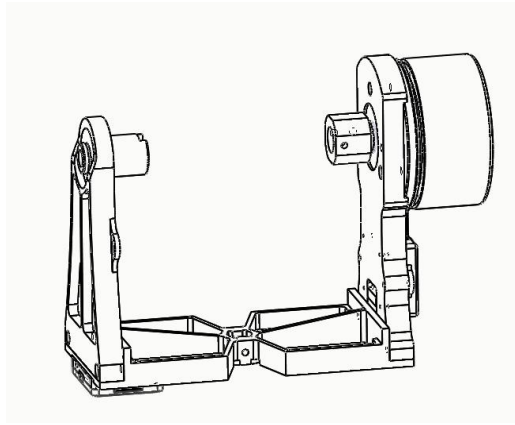


图 2.5 云台支撑改进前结构图

云台支撑改进后：

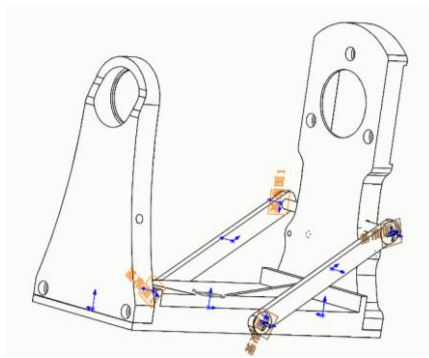


图 2.6 云台支撑改进后结构图

(3) 根据装弹系统对漏斗弹夹上盖进行改进，将上盖开口变更为圆形，便于子弹进入弹夹，同时加装锥形漏斗，减少加弹时子弹损失。改进后整体结构如图。

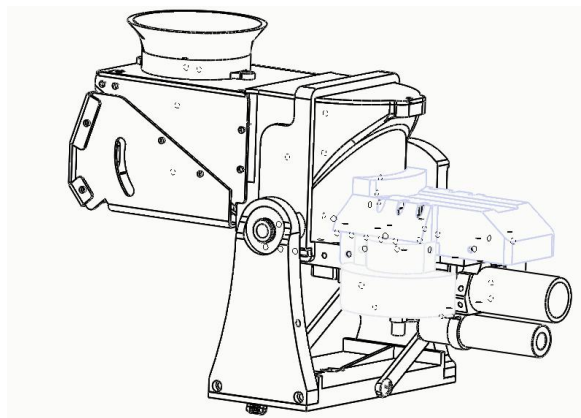


图 2.7 改进后射手云台装配图

三、炮手云台设计

炮弹存储在弹仓里，弹仓由 6 个竖直方向的圆管组成，总共可装 60 发炮弹，弹仓下边正对拨轮，由于炮弹受重力的原因，向下运动，波轮电机转动，将炮弹推进进弹口，弹仓和发射装置直接用软管连接，炮弹可以轻松进入发射装置，再由两级摩擦轮高速射出，可实现炮弹发射。

1.组委会提供炮台方案

大赛官方提供的炮台开源图，底部旋转电机驱动云台总体实现左右旋转，由于装弹后整体质量显著增加，转动惯量增加，电机驱动和制动不易控制。

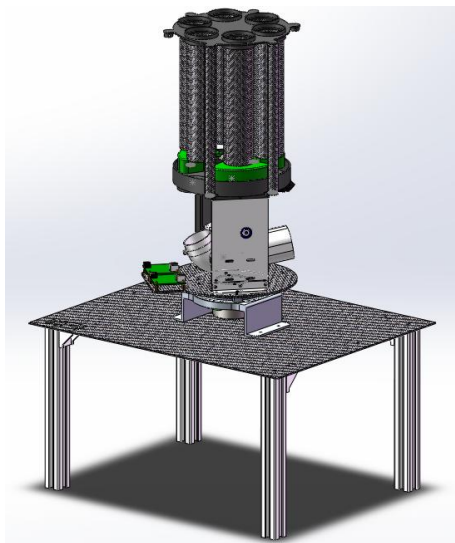


图 3.1 组委会炮台装配图

2.改进后炮台设计方案

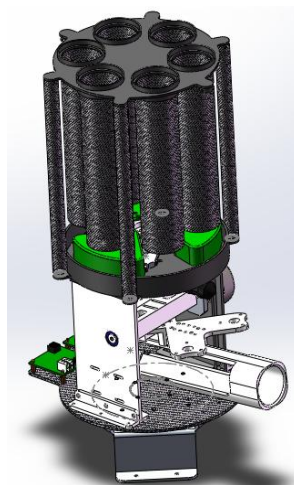


图 3.2 改进后炮手云台装配图

(1) 为了增加旋转稳定性，将官方提供的炮台底部驱动电机去掉，直接将炮台装于车体上，车体旋转带动炮台旋转。

(2) 为了增加发射距离，将单摩擦轮发射改为双摩擦轮发射，双摩擦轮两次加速。获得更大速度。

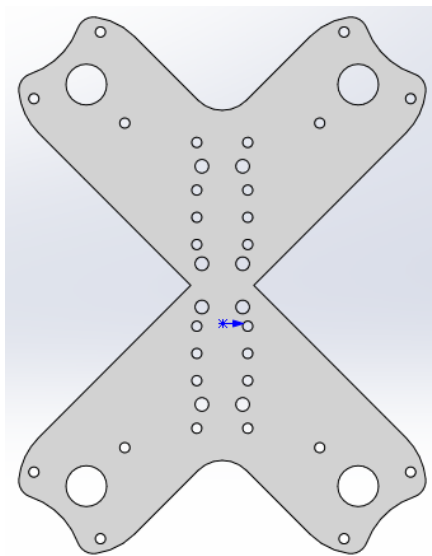


图 3.3 改进后的摩擦轮电机安装座

(3) 为了与双摩擦轮发射机构配合，将炮筒进行改进，使得炮弹与摩擦轮充分接触。炮筒选用 PVC 管。便于裁剪，切割，密度较小，便于实现轻量化。

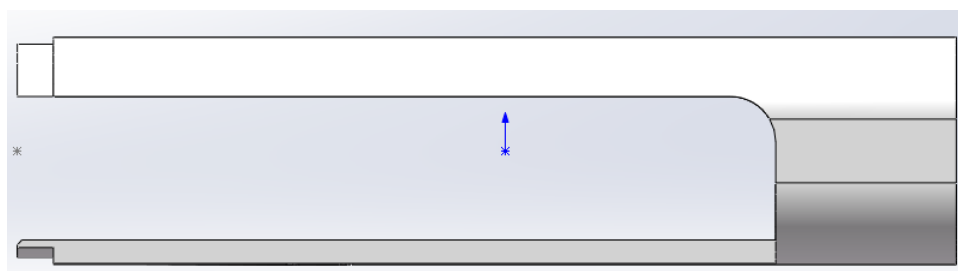


图 3.4 改进后的炮管

(4) 俯仰转轴选用 3D 打印快速成型加工，为了使其有足够的强度和硬度，将转轴加厚。

四、瞭望哨机械设计

根据瞭望哨的具体任务，即攀爬直径为九厘米的滑竿进行全场监控，战队先后设计了三种哨兵。哨兵的结构设计以及加工所需的工艺流程介绍如下。

1. 方案一：

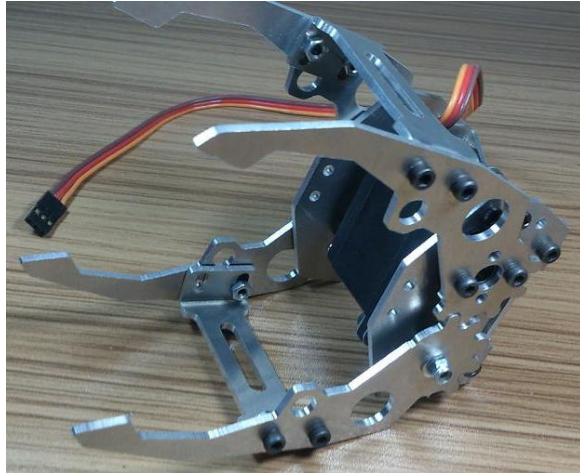


图 4.1 方案一选择机械手实物图

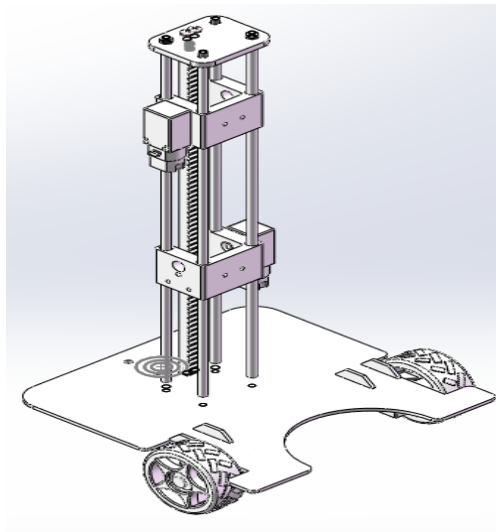


图 4.2 方案一哨兵支架纸

方案一在设想之初是在哨兵前方的半圆形凹槽接触到滑竿之后，机械手臂开始运行，抱住住滑竿，带动哨兵整体向上运动。该方案在抓力、电机转速等方面均合格。但是存在设计缺陷——机械爪的内径不够和摩擦力不够，即抓住滑竿会向下滑动，同时爬杆速度较慢，所以该方案否。

2.方案二:

方案二是在第一种方案的基础上改进而来,该方案设计的机械手是在第一种机械手的基础上在闭合时增加了磁铁,以增大抓力,使它在抱合住滑竿后不至于下滑,但是增加磁铁并没有达到预想的效果,在增加磁铁磁力之后,虽可以攀爬上去,但自适应性不强,做工精度不高,零件的配合出现问题,导致爬杆受限,所以这个方案也被否定。

3.方案三:

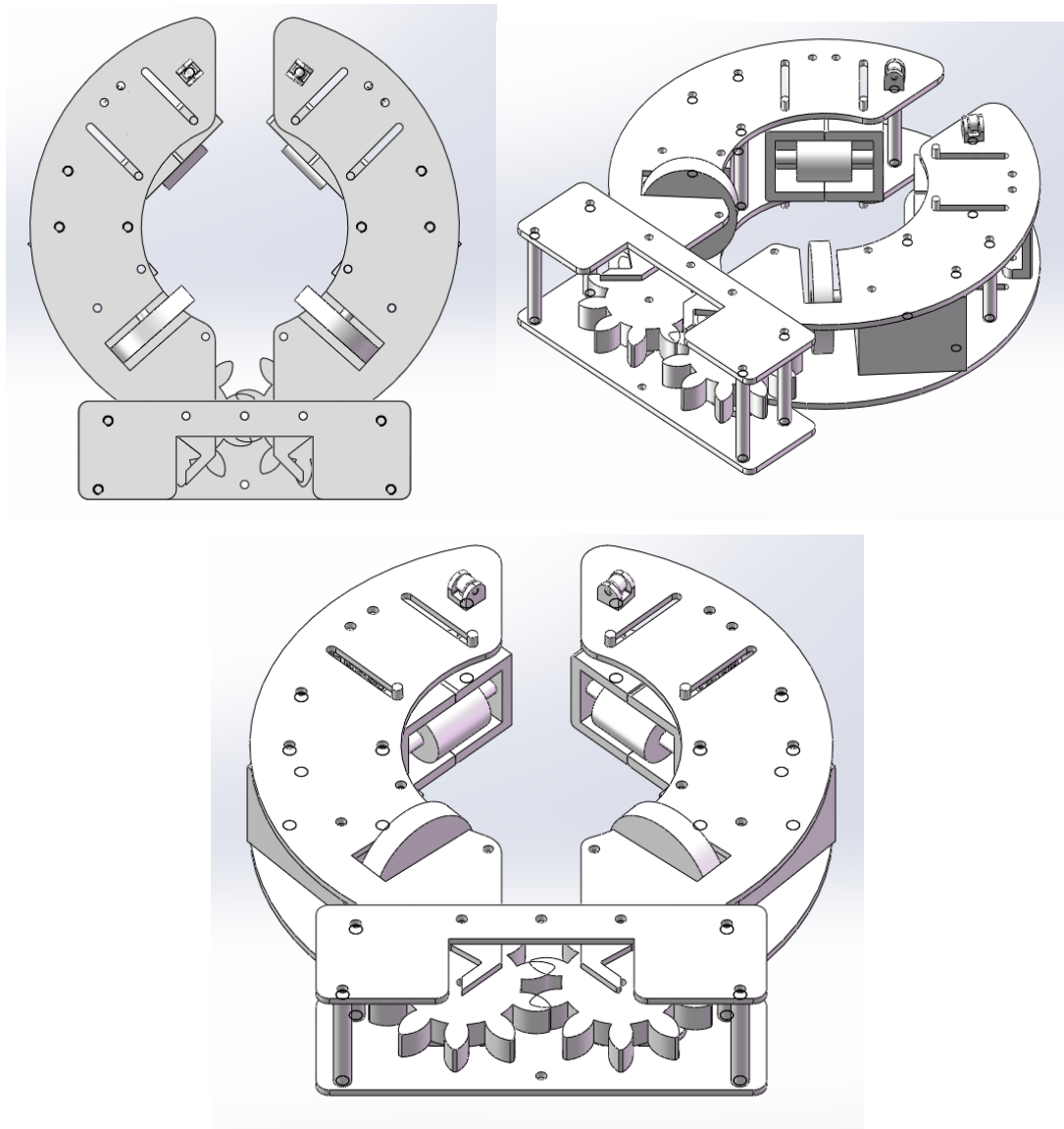


图 4.3 机械手总装图

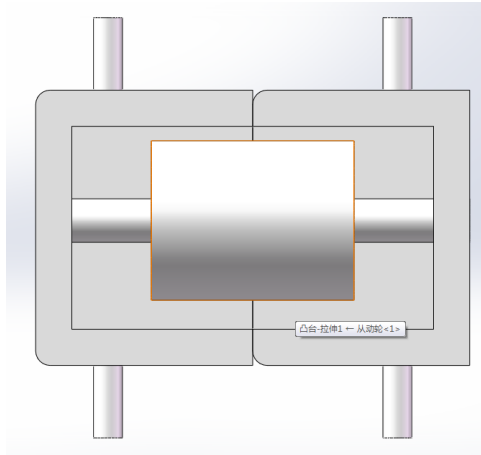


图 4.4 从动轮结构图

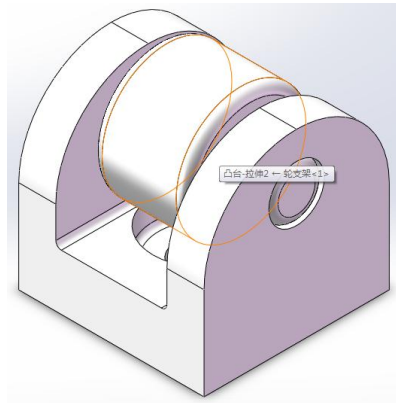


图 4.5 摩擦轮结构图

方案三是在第一种方案的基础上，增大了机械手的内径，增加了摩擦轮和从动轮，用来增加摩擦力和向上的动力。该方案在测试中的抓力、内径大小、摩擦力等各项指数均合格，并且成功攀爬到顶端。

方案三最后确定为：哨兵启动后，沿直线前进，在哨兵前方的半圆形凹槽接触到滑竿之后，机械手臂开始运行，内部的摩擦轮和从动轮开始转动，机械手臂抱住住滑竿后，两侧的机械臂交替向上运动，带动哨兵整体向上运动，并且摩擦轮和从动轮起到了辅助作用，使攀爬更加有力。

4.器件、材料选型

(1) 电机的选择：

电机型号：ZGA37RB/A



图 4.6 ZGA37RB/A 型电机

电机的主要技术参数：

电压 Voltage(VDC)	12V	12V	12V	12V	12V
马达型号 Motor Model	70B	70B	70B	70B	70B
减速比 Reduction Ratio	1/438	1/267	1/188	1/104	1/40
齿轮箱长度 Gearbox Length(mm)	30.5	29.5	29.5	26.5	24.5
空载转速 No-Load Speed(Rpm)	15	20	35	65	170
额定转速 Rated Speed(Rpm)	10.5	14	24.5	45.5	119
额定力矩 Rated Torque(Kg.cm)	9.5	7.1	4	2.1	0.83
额定电流 Rated Current(Amp)	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49

该电机的力矩和转速以及电流和转速适合瞭望哨的使用，所以在再三比较调研后，决定使用 ZGA37RB/A 型电机。

(2) 材料的选择：

在材料的使用上，分别比较了铁、钢、铝等金属的特性后，选择采用 2A12 铝合金，该材料用途主要用于制作各种高负荷的零件和构件（但不包括冲压件锻件）如飞机上的骨架零件，蒙皮，隔框，翼肋，翼梁，铆钉等 150℃ 以下工作零件。它的强度比较高，而且在重量上远轻于钢材。

注：单个： ≤ 0.05 ；合计： ≤ 0.10



图 4.7 2A12 铝合金

五、自动补给站系统设计

自动补给站的主要目的是实现射手的装弹自动化。战队完成两种方案的设计。下面是两种方案的介绍：

1.方案一：

利用红外传感器接收到的数据来判断战车是否进入补给站，从而打开或者关闭装弹口，实现装弹的自动化。

红外传感器的选择：



图 5.1 红外传感器

距离系数的确定：距离系数由 D/S 之比确定，即红外温度传感探头到目标之间的距离 D 与被测目标直径之比，方案选择红外温度传感器 D/S 为 $2/1$ 的传感器探头，因为距离较近且目标大，易识别。

红外传感器的原理：

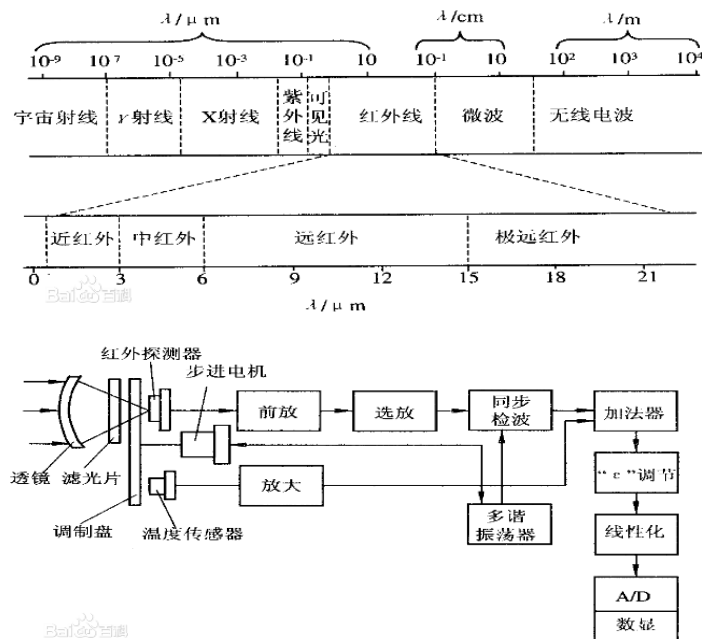


图 5.2 红外传感器原理

该方案在华北赛区比赛时出现问题：对距离要求精确，稍有偏差，就出现不能准确加弹状况，因此改进方案。

2.方案二：

方案二未涉及到电控，是纯机械结构。如下图所示：

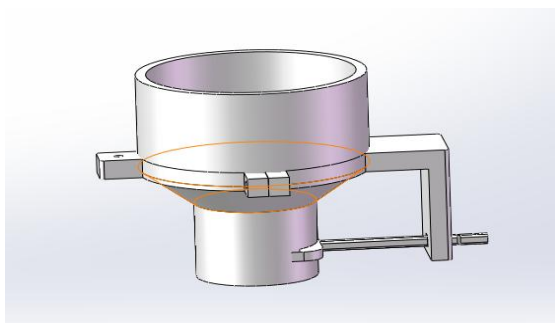


图 5.3 弹仓装配图（1）

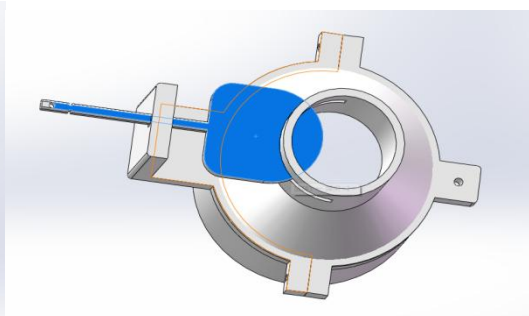


图 5.3 弹仓装配图（2）

弹仓在静态时（非装弹状态）如弹仓装配图 5.3（1）所示。

装弹过程：在射手机器人进入补给站后，先撞开下面的挡板，进而拉动弹仓门，子弹在重力的作用下下落，进入到射手机器人的弹仓中。如弹仓装配图 5.3（2）所示。



图 5.4 补给站实物图

材料的选择：

实物图的绿色部分即弹仓的固定和弹仓本身，选择 ABS 材质，采用 3D 打印技术制作。ABS 的抗冲击性、耐热性、耐低温性、耐化学药品性及电气性能优良，还具有易加工、制品尺寸稳定、表面光泽性好，所以选择了它。

补给站的支撑部分选择万能角钢，该型号角钢强度足够，可以满足补给站

的制作的需求。

经过测试，第二种方案可以实现两车同时自动装弹，效率高，稳定可靠，所以方案二为最终方案。

六、各部分电源电路设计

1. 升压部分

炮手摩擦轮需要的电压为 30V，经过讨论研究，本次升压部分应用 UC3842 芯片。UC3842 是一种性能优良的电流控制型脉宽调制芯片。该调制器单端输出，能直接驱动双极型的功率管或场效应管。其主要优点是其管脚效应少，外围电路简单，电压调整率可达 0.01%，工作频率最高达 500KHz，启动电流小于 1mA，正常工作电流为 5mA，并可利用高频变压器实现与电网的隔离。该芯片集成了振荡器、具有高温补偿的高增益误差放大器、电流检测比较器、图腾柱输出电流、输入和基准欠电压锁定电路以及 PWM 锁存器电路。

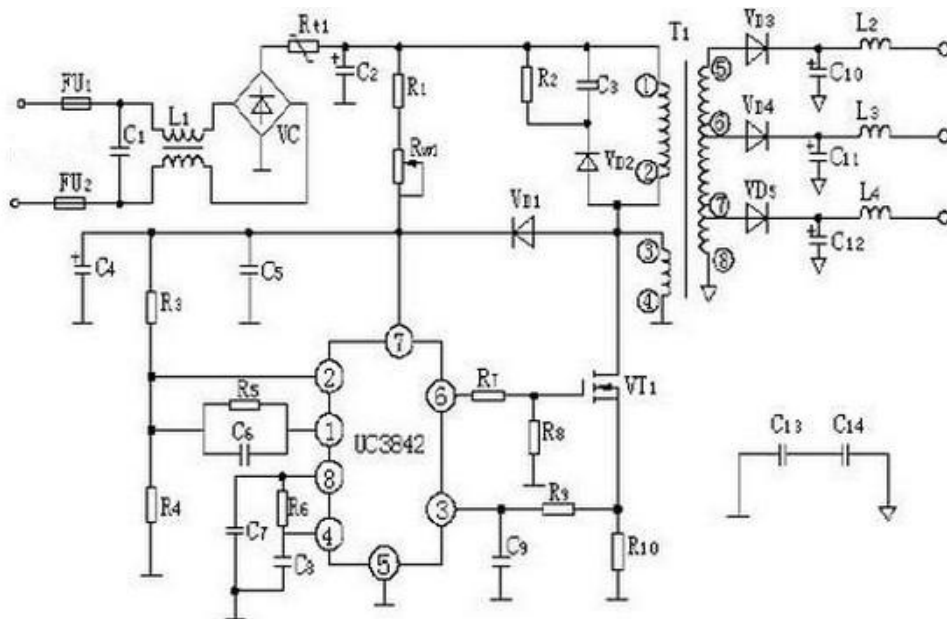


图 6.1 电路原理图

UC3842 采用固定工作频率脉冲宽度可控调制方式，共有 8 个引脚，各脚功能如下：①脚是误差放大器的输出端，外接阻容元件用于改善误差放大器的增益和频率特性；②脚是反馈电压输入端，此脚电压与误差放大器同相端的 2.5V

基准电压进行比较，产生误差电压，从而控制脉冲宽度；③脚为电流检测输入端，当检测电压超过 1V 时缩小脉冲宽度使电源处于间歇工作状态；④脚为定时端，内部振荡器的工作频率由外接的阻容时间常数决定， $f=1.72/(RT \times CT)$ ；⑤脚为公共地端；⑥脚为推挽输出端，内部为图腾柱式，上升、下降时间仅为 50ns 驱动能力为 $\pm 1A$ ；⑦脚是直流电源供电端，具有欠、过压锁定功能，芯片功耗为 15mW；⑧脚为 5V 基准电压输出端，有 50mA 的负载能力。

图 6.1 是由 UC3842 构成的开关电源电路，电源电压由 C1、L1 滤除电磁干扰，负温度系数的热敏电阻 Rt1 限流，再经 VC 整流、C2 滤波，电阻 R1、电位器 RP1 降压后加到 UC3842 的供电端（⑦脚），为 UC3842 提供启动电压，电路启动后变压器的副绕组③④的整流滤波电压一方面为 UC3842 提供正常工作电压，另一方面经 R3、R4 分压加到误差放大器的反相输入端②脚，为 UC3842 提供负反馈电压，其规律是此脚电压越高驱动脉冲的占空比越小，以此稳定输出电压。④脚和⑧脚外接的 R6、C8 决定了振荡频率，其振荡频率的最大值可达 500KHz。R5、C6 用于改善增益和频率特性。⑥脚输出的方波信号经 R7、R8 分压后驱动 MOSFET 功率管，变压器原边绕组①②的能量传递到副边各绕组，经整流滤波后输出各数值不同的直流电压供负载使用。电阻 R10 用于电流检测，经 R9、C9 滤波后送入 UC3842 的③脚形成电流反馈环。所以由 UC3842 构成的电源是双闭环控制系统，电压稳定度非常高，当 UC3842 的③脚电压高于 1V 时振荡器停振，保护功率管不至于过流而损坏。



图 6.2 升压模块实物图

2.降压部分

(1) 云台降压部分

电源电压 15V，云台电机所需电压 12V，主控模块所需电压 12V，拨轮电机驱动所需电压 6V。经过测试和讨论，决定采用 XL4015 驱动芯片。XL4015 是开关降压型 DC-DC 转换芯片；固定开关频率 180KHz。芯片具有出色的线性调整率与负载调整率，输出电压支持 1.25V~32V 间任意调节。芯片内部集成过流保护、过温保护、短路保护等可靠性模块。

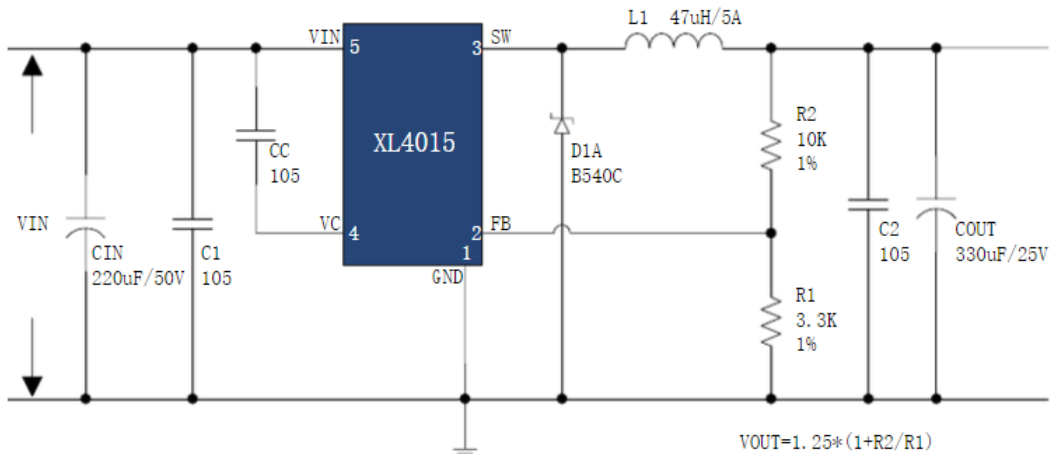


图 6.3 XL4015 电路原理图

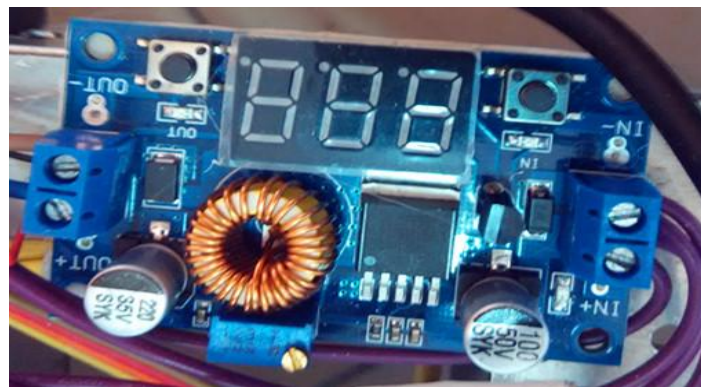


图 6.4 云台降压模块实物图

(2) 射手摩擦轮降压部分

射手摩擦轮电机电调所需电压值 9V，所需电流达 6A 以上。以上降压模块电流达不到要求。于是决定采用大功率降压电路。经讨论和测试后选择 BUCK 电路。

BUCK 电路原理及分析如下：

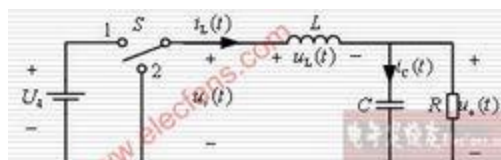


图 6.5 BUCK 电路图

等效的电路模型及基本规律：

①从电路可以看出，电感 L 和电容 C 组成低通滤波器，此滤波器设计的原则是使 $u_s(t)$ 的直流分量可以通过，而抑制 $u_s(t)$ 的谐波分量通过；电容上输出电压 $u_o(t)$ 就是 $u_s(t)$ 的直流分量再附加微小纹波 $u_{ripple}(t)$ 。

②电路工作频率很高，一个开关周期内电容充放电引起的纹波 $u_{ripple}(t)$ 很小，相对于电容上输出的直流电压 U_o 有：

$$|u_{ripple}|_{max} \ll U_o$$

电容上电压宏观上可以看作恒定。电路稳态工作时，输出电容上电压由微小的纹波和较大的直流分量组成，宏观上可以看作是恒定直流，这就是开关电路稳态分析中的小纹波近似原理。

③一个周期内电容充电电荷高于放电电荷时，电容电压升高，导致后面周期内充电电荷减小、放电电荷增加，使电容电压上升速度减慢，这种过程的延续直至达到充放电平衡，此时电压维持不变；反之，如果一个周期内放电电荷高于充电电荷，将导致后面周期内充电电荷增加、放电电荷减小，使电容电压下降速度减慢，这种过程的延续直至达到充放电平衡，最终维持电压不变。这种过程是电容上电压调整的过渡过程，在电路稳态工作时，电路达到稳定平衡，电容上充放电也达到平衡，这是电路稳态工作时的一个普遍规律。

④开关 S 置于 1 位时，电感电流增加，电感储能；而当开关 S 置于 2 位时，电感电流减小，电感释能。假定电流增加量大于电流减小量，则一个开关周期内电感上磁链增量为：

$$\Delta \Psi = L(\Delta i) > 0$$

此增量将产生一个平均感应电势：

$$u = \frac{\Delta \Psi}{T} > 0$$

此电势将减小电感电流的上升速度并同时降低电感电流的下降速度，最终将导致一个周期内电感电流平均增量为零；一个开关周期内电感上磁链增量小于零的状况也一样。这种在稳态状况下一个周期内电感电流平均增量(磁链平均增量)为零的现象称为：电感伏秒平衡。这也是电力电子电路稳态运行时的又一个普遍规律。

为了降低发热，本模块采用了同步整流技术，同步整流技术采用通态电阻极低的专用功率 MOSFET，来取代整流二极管以降低整流损耗。它能大大提高 DC/DC 变换器的效率并且不存在由肖特基势垒电压而造成的死区电压。功率 MOSFET 属于电压控制型器件，它在导通时的伏安特性呈线性关系。用功率 MOSFET 做整流器时，要求栅极电压必须与被整流电压的相位保持同步才能完成整流功能故称之为同步整流技术。同步整流技术就是大大减少了开关电源输出端的整流损耗，从而提高转换效率，降低电源本身发热。

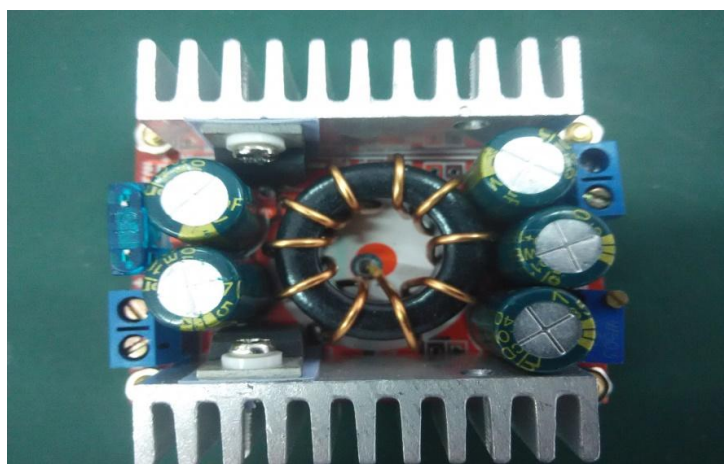


图 6.6 实物图

七、车体驱动部分

一、射手和炮手的底盘电机驱动

因为对车体电机的速度要求比较精确，驱动板采用了 BTN7971b 驱动芯片，BTN7971B 是 PN 结构电机驱动芯片，PWM 占空比可达到 100%，最大的瞬间电流 70A，对付普通的直流电机绰绰有余，伺服电机线圈内阻在伺服电机线圈在 1.5 欧左右，24V 下通过电机的最大下通电 16A。

此驱动使用了 NQF36 封装的 STM32f103T8U6 芯片，其具有体积小，重量

轻的优点。，自感系数小，封装体内布线电阻小。采用了有源蜂鸣器作为状态提醒和异常报警，使用较为方便。

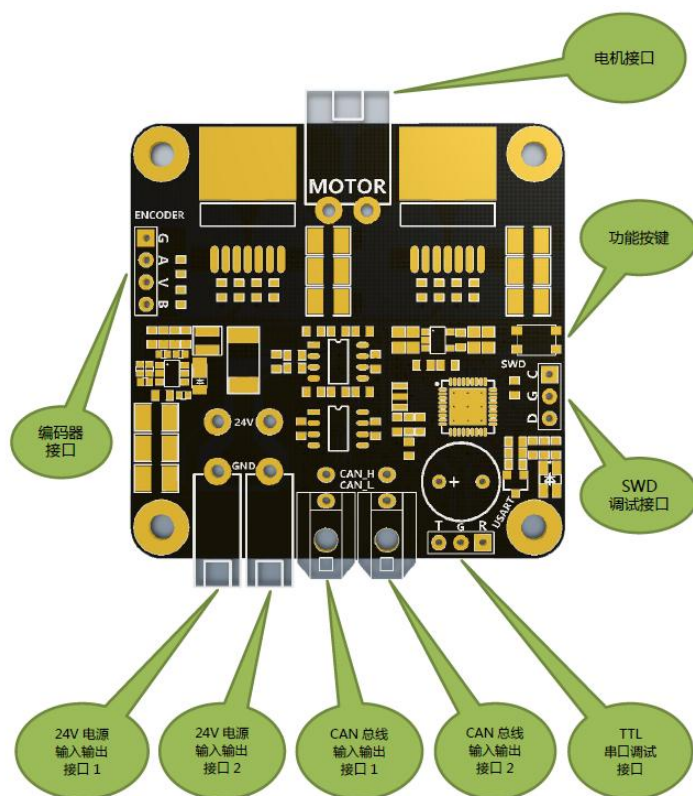


图 7.1 接口说明

战车在实际的应用中选择 CAN 总线的方式来控制驱动模块，采用单闭环的 PID 调速（速度环）的控制方式，即可以控制电机精确的转动速度。其中的连接示意图和部分代码如下图所示：

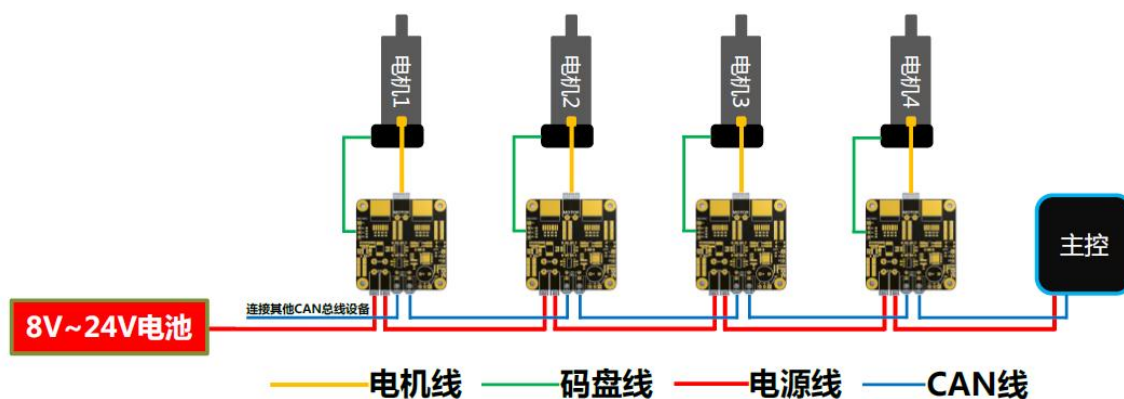


图 7.2 CAN 总线连接示意图

CAN 通信部分代码如下：

```

void Robot_Driver_Speed_Mode_Set(unsigned char CAN_ID,short PWM_Value,short Speed_Value)
{
    CanTxMsg tx_message;

    tx_message.IDE = CAN_ID_STD; //???
    tx_message.RTR = CAN_RTR_DATA; //???
    tx_message.DLC = 0x08; //????8
    tx_message.StdId = CAN_ID; //?ID?????CAN_ID

    if(PWM_Value > 5000)
    {
        PWM_Value = 5000;
    }
    else if(PWM_Value < -5000)
    {
        PWM_Value = -5000;
    }

    if(Speed_Value > 1000)
    {
        Speed_Value = 1000;
    }
    else if(Speed_Value < -1000)
    {
        Speed_Value = -1000;
    }

    tx_message.Data[0] = (unsigned char)((PWM_Value>>8)&0xff);
    tx_message.Data[1] = (unsigned char)(PWM_Value&0xff);
    tx_message.Data[2] = (unsigned char)((Speed_Value>>8)&0xff);
    tx_message.Data[3] = (unsigned char)(Speed_Value&0xff);
    tx_message.Data[4] = 0x55;
    tx_message.Data[5] = 0x55;
    tx_message.Data[6] = 0x55;
    tx_message.Data[7] = 0x55;

    can_tx_success_flag = 0;
    CAN_Transmit(CAN1,&tx_message);
}

```

```

void geipwm(u16 pwm[4],u16 speed[4])
{
    Robot_Driver_Speed_Mode_Set(CAN_ID_SPEED_MODE_NUM04,-pwm[3],-speed[3]);
    Robot_Driver_Speed_Mode_Set(CAN_ID_SPEED_MODE_NUM03,-pwm[2],-speed[2]);
    Robot_Driver_Speed_Mode_Set(CAN_ID_SPEED_MODE_NUM02,-pwm[1],-speed[1]);
    Robot_Driver_Speed_Mode_Set(CAN_ID_SPEED_MODE_NUM01,-pwm[0],-speed[0]);
}

```

二、拨轮电机驱动

由于战队战车不需要对拨轮电机的速度进行精确地控制，所以采用了价格便宜，操作简单的 L298N 电机驱动模块。

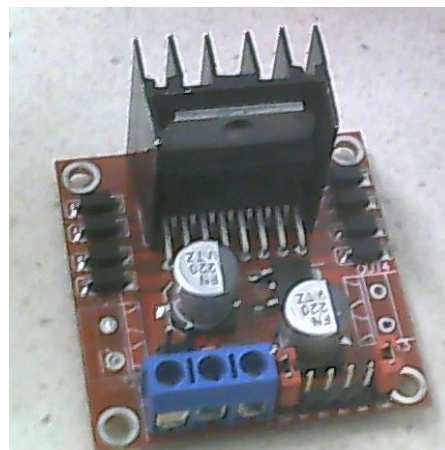


图 7.3 驱动模块实物图

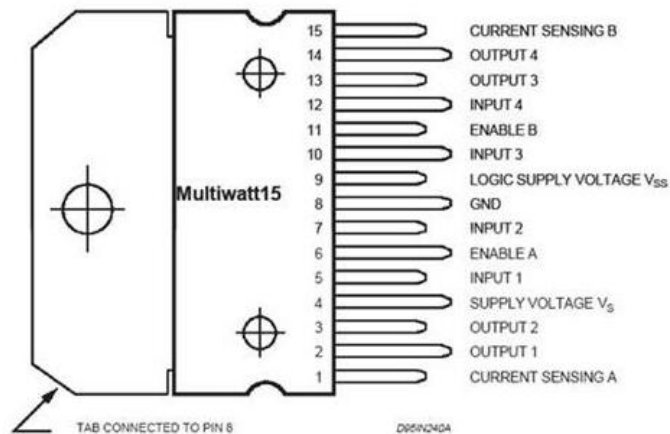


图 7.4 LN298 的引脚图

L298N 是 SGS 公司的产品，内部包含 4 通道逻辑驱动电路。是一种二相和四相电机的专用驱动器，即内含二个 H 桥的高电压大电流双全桥式驱动器，接收标准 TTL 逻辑电平信号，可驱动 46V、2A 以下的电机。其引脚排列如图 7.4 中 U4 所示，1 脚和 15 脚可单独引出连接电流采样电阻器，形成电流传感信号。L298 可驱动 2 个电机，OUT1、OUT2 和 OUT3、OUT4 之间分别接 2 个电动机。5、7、10、12 脚接输入控制电平，控制电机的正反转，ENA，ENB 接控制使能端，控制电机的停转。其最大的工作电流是 2.5A，完全能够驱动拨轮电机。

八、射手和炮手电控

主控芯片选用 STM32F407ZGT6。因为云台使用的是固定的方式，因此只用了一片 F407 来控制底盘电机的通讯和云台的控制以及其他的控制部分。底盘电机和云台使用 can 总线通讯控制的，遥控器和调试用的串口通信，其他摩擦轮、拨轮和指示灯之内的就用的普通 IO 口控制。工作流程如下图：

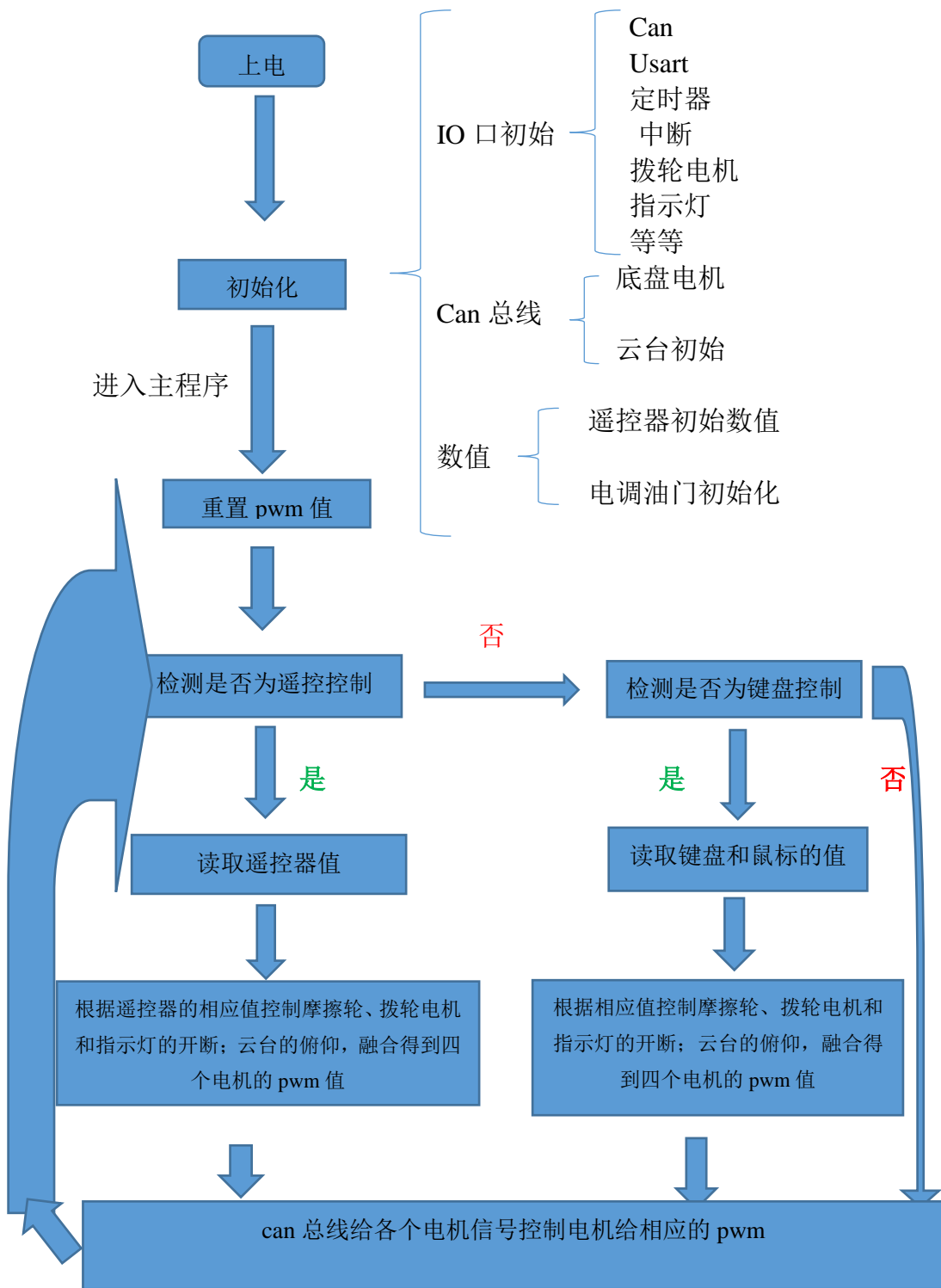


图 8.1 工作流程图

下面是电控的部分代码

初始化

```
-----  
int main(void)  
{  
    //int i = 0;  
    u16 j;  
    jgabl_GPIO_Init();  
    BSP_Init();  
    motorinit();  
    //stop();  
    offjg();  
    //fire();  
    //printf("111\n");  
    ykdata_init();  
    mocainit();  
    offmoca();  
    //printf("xxx\n");  
    while(1)  
    .  
}
```

遥控数据采集

```
DMA_ClearFlag(DMA1_Stream5, DMA_FLAG_TCIF5);  
DMA_ClearITPendingBit(DMA1_Stream5, DMA_IT_TCIF5);  
RC_Ctl.rc.ch0 = (sbus_rx_buffer[0] | (sbus_rx_buffer[1] << 8)) & 0x07ff; //!< Channel 0  
RC_Ctl.rc.ch1 = ((sbus_rx_buffer[1] >> 3) | (sbus_rx_buffer[2] << 5)) & 0x07ff; //!< Channel 1  
RC_Ctl.rc.ch2 = ((sbus_rx_buffer[2] >> 6) | (sbus_rx_buffer[3] << 2) | (sbus_rx_buffer[4] << 10)) & 0x07ff; //!< Channel 2  
RC_Ctl.rc.ch3 = ((sbus_rx_buffer[4] >> 1) | (sbus_rx_buffer[5] << 7)) & 0x07ff; //!< Channel 3  
RC_Ctl.rc.s1 = ((sbus_rx_buffer[5] >> 4) & 0x000C) >> 2; //!< Switch left  
RC_Ctl.rc.s2 = ((sbus_rx_buffer[5] >> 4) & 0x0003); //!< Switch right  
RC_Ctl.mouse.x = sbus_rx_buffer[6] | (sbus_rx_buffer[7] << 8); //!< Mouse X axis  
RC_Ctl.mouse.y = sbus_rx_buffer[8] | (sbus_rx_buffer[9] << 8); //!< Mouse Y axis  
RC_Ctl.mouse.z = sbus_rx_buffer[10] | (sbus_rx_buffer[11] << 8); //!< Mouse Z axis  
RC_Ctl.mouse.press_l = sbus_rx_buffer[12]; //!< Mouse Left Is Press ?  
RC_Ctl.mouse.press_r = sbus_rx_buffer[13]; //!< Mouse Right Is Press ?  
RC_Ctl.key.v = sbus_rx_buffer[14] | (sbus_rx_buffer[15] << 8); //!< KeyBoard value  
datayk.pwm0 = RC_Ctl.rc.ch0;  
datayk.pwm0 = (datayk.pwm0 > 1448) ? 1448 : datayk.pwm0;  
datayk.pwm0 = (datayk.pwm0 < 600) ? 600 : datayk.pwm0;  
datayk.pwm0 = 2048 - datayk.pwm0;  
//datayk.pwm0 = (datayk.pwm0 >> 1) + 0xff;  
datayk.pwm1 = RC_Ctl.rc.ch1;  
datayk.pwm1 = (datayk.pwm1 > 1248) ? 1248 : datayk.pwm1;  
datayk.pwm1 = (datayk.pwm1 < 800) ? 800 : datayk.pwm1;  
datayk.pwm3 = RC_Ctl.rc.ch2;  
datayk.pwm2 = RC_Ctl.rc.ch3;  
datayk.s1 = RC_Ctl.rc.s1;  
datayk.s2 = RC_Ctl.rc.s2;  
datayk.x = RC_Ctl.mouse.x;  
datayk.y = RC_Ctl.mouse.y;  
datayk.m_l = RC_Ctl.mouse.press_l;  
datayk.m_r = RC_Ctl.mouse.press_r;  
datayk.key = RC_Ctl.key.v;  
}
```

数据处理:


```

if(datayk.s1 == 3) // 遥控器控制
{
    re = onoroffandshoot(datayk.s2);
    if(re[0]==255)
    {
        onmoca();
        flag_moca = 1;
        onjg();
    }
    else if((re[0] == 1)&&(flag_shoot==0))
    {
        offmoca();
        offjg();
        flag_moca = 0;
        re[1] = 1;
    }
    if((datayk.s2==2)&&(flag_moca == 1))
    {
        fire();//kaihuo
        flag_shoot = 1;
        re[0] = 255;
    }
    else if (datayk.s2 == 3)
    {
        stop();//ting
        flag_shoot = 0;
        //
        //fire();
    }
    Cmd_ESC(0,0,Position_Control_203(yaokong(datayk.pwm1-1024),templ>>2));
    if(abs(datayk.pwm0-1024)>10)
    {
        zhuanxiang((1024-datayk.pwm0)*5,(1024-datayk.pwm0));
    }
}

```

```

if(abs(datayk.pwm2-1024) >= abs(datayk.pwm3-1024))
{
    goorback((datayk.pwm2-1024)*5,(datayk.pwm2-1024));
}
if(abs(datayk.pwm2-1024) < abs(datayk.pwm3-1024))
{
    leftorright((datayk.pwm3-1024)*5,(datayk.pwm3-1024));
}
//printf("yaokong\n");
} //end if 遥控器

```

```

if(datayk.s1 == 1) // 键盘控制
{
    char remouse = mouseflag(datayk.m_r);
    Cmd_ESC(0,0,Position_Control_203(mousefuyan(datayk.y),templ>>2));
    //printf("pianyi = %f\n",mousefuyan(datayk.m_r));
    if((remouse==1)&&(flag_shoot == 0))
    {
        flag_moca = 0;
        offmoca();
        offjg();
    }
    else if(remouse == 255)
    {
        flag_moca = 1;
        onjg();
        onmoca();
    }
    if((datayk.m_1 == 1)&&(flag_moca == 1))
    {
        fire();//波轮
        remouse = 1;
        flag_shoot = 1;
    }
}

```

```

else if(datayk.m_l == 0)
{
    stop();
    flag_shoot = 0;
}
if(datayk.key!=0)
switch(datayk.key)
{
    case 1:goorback(3000,600);break;
    case 2:goorback(-3000,-600);break;
    case 4:leftorright(-2250,-450);break;
    case 5:goorback(3000,600);
        leftorright(-2250,-450);break;
    case 6:goorback(-3000,-600);
        leftorright(-2250,-450);break;
    case 8:leftorright(2250,450);break;
    case 9:goorback(3000,600);
        leftorright(2250,450);break;
    case 10:goorback(-3000,-600);
        leftorright(2250,450);break;
    default : break;
}
if(datayk.x!=0)
{
    datayk.x = datayk.x>9 ? 9 : datayk.x;
    datayk.x = datayk.x<-9 ? -9 :datayk.x;
    zhuanxiang(250*datayk.x,50*datayk.x);
}
//printf("jianpan\n");
} //end if 键盘
//printf_dt7();
geipwm(PWM,SPEED);
delay_ms(10);

```

炮手和射手的区别就在于炮手使用两级摩擦（四个无刷电机），前两个电机转速高后两个电机转速低些，这样炮弹发射出去的速度加的大些。

射手摩擦轮指示灯说明：因为在比赛的时候队员不知道有没有开，所以增加了指示灯以示提醒。

炮手测试：炮手准备用 mpu6050 将炮管的角度测出来返回来，作为操作手的参考，6050 先是参考组委会给的陀螺仪加速度融合得四元数算角度的方法，在调 P I 参数的时候换用 6050 的 dmp 读取四元数算欧拉角的方法（挺好用）。通信用的 915MHz 频段的模块，最后模块出了些问题。考虑到实际应用效果和模块的问题最终暂停尝试。

九、哨兵电控

方案一：

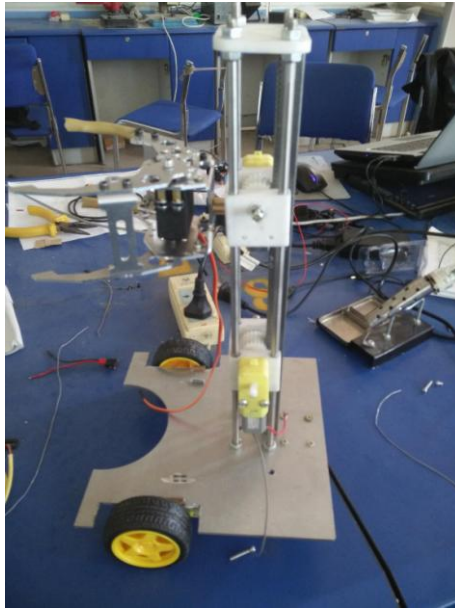


图 9.1 方案一的实物图

由于第一种机械机构比较简单，所以电控部分也相对容易。

1.基本流程图如下：

2.部分硬件

①主控

因为其实现功能比较容易，所以主控选用 IAP15G2K61S2 芯片

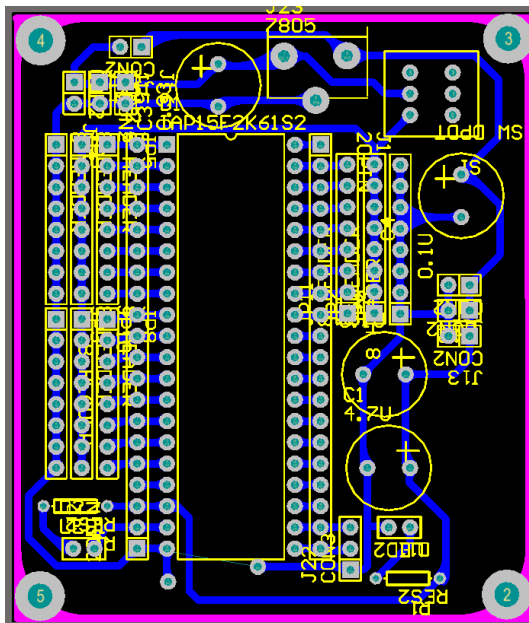


图 9.2 主控 PCB 图

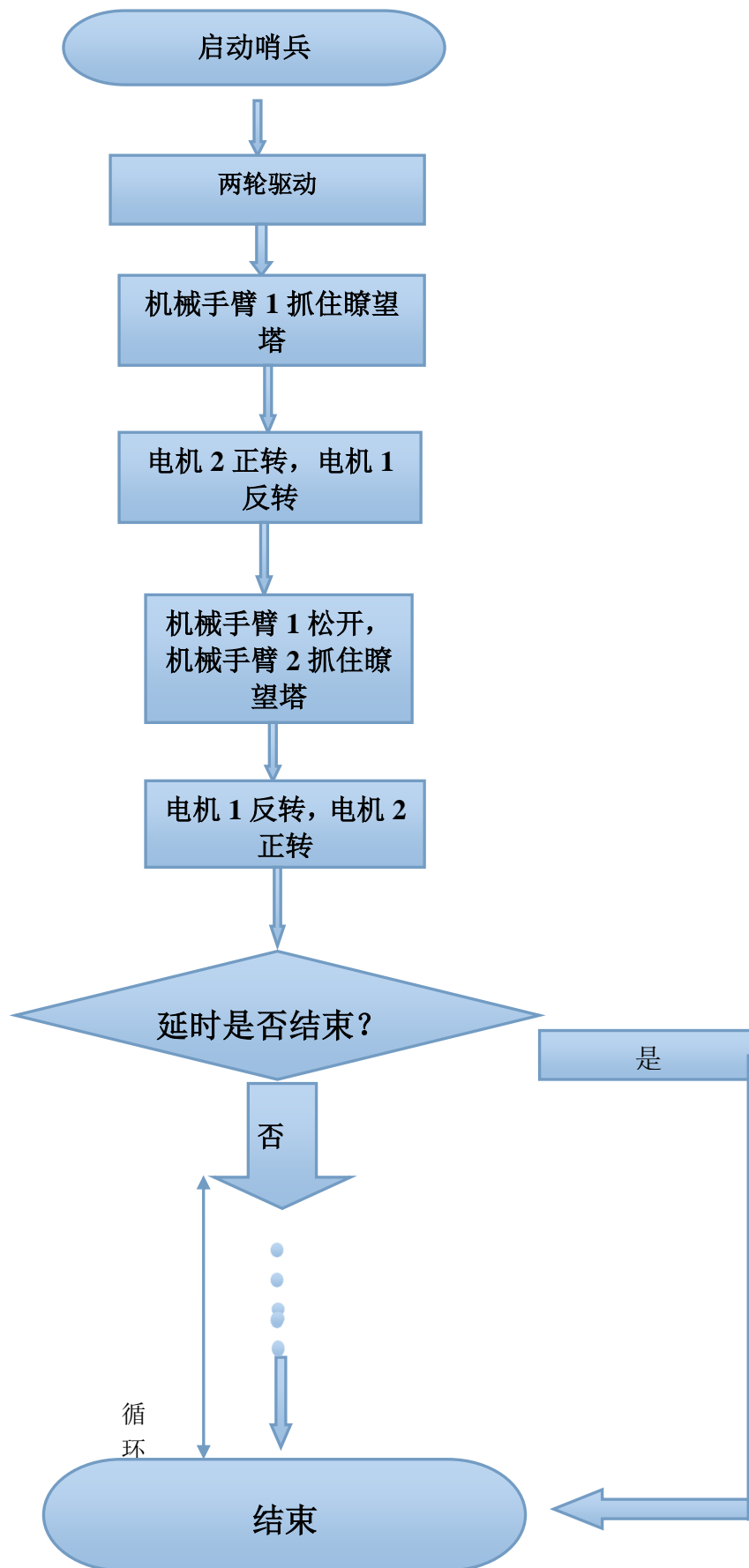


图 9.3 方案一工作流程图

②电源部分

由于电机和舵机工作需要的电流比较大，所以选用了 7.4v 的航模电池，但实际上电池正常工作电压达到了 8.2v，为了不烧坏电机和舵机，采用了 LM2596S 芯片来稳压。

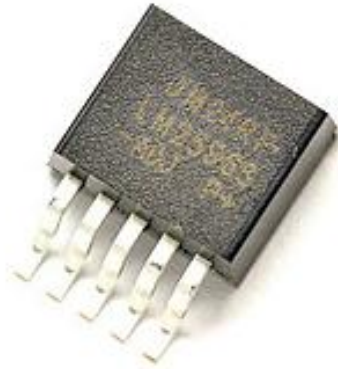


图 9.4 稳压芯片实物图

其他部分，将在其他方案中介绍。

在不断地测试当中，发现这种方案存在许多不足：

一、整体的重量过大，在上升过程中，给电机和舵机很大的负荷，在这种高负荷工作状态下，电机和舵机很容易烧毁。

二、抓臂摩擦力过小，虽然我们在抓臂上加了硅胶，但是舵机的扭力有限，还是不能够使其达到理想效果。

三、电机工作效果不好，轻型电机转动力矩比较小而且没有很好的办法得到位移距离（当时没有考虑到通过编码器来测）。

方案二：

由于方案一抓臂抓合力太小，而且摩擦力太小，所以第二次选用了大扭力电机，和摩擦轮来提供上升攀爬力。因为单个舵机扭力过小，无法给瞭望塔足够大的压力，而且舵机不能长时间工作在超负荷状态下，所以在其抱臂头部安装了永磁铁，这样通过了磁铁的吸合，来抱死瞭望塔，同时为舵机减负。

由于电调部分和方案一一样，所以这里只介绍一下个别部分。

(1) 舵机抱合



图 9.5 舵机实物图

舵机部分代码:

```
TMOD=0X01;
TH0=(65536-25)/256;
TLO=(65536-25)%256;
TRO=1;
ETO=1;
EA=1;

void inter0() interrupt 1
{
    TH0=(65536-25)/256;
    TLO=(65536-25)%256;
    count++;
    if(count>=800)
    {
        count=0;
    }
    if(count<servo1)
    {
        PWM_1=1;
    }
    else if(count>=servo1)
    {
        PWM_1=0;
    }
    if(count<servo2)
    {
        PWM_2=1;
    }
    else if(count>=servo2)
    {
        PWM_2=0;
    }
}
```

(2) 电机驱动模块

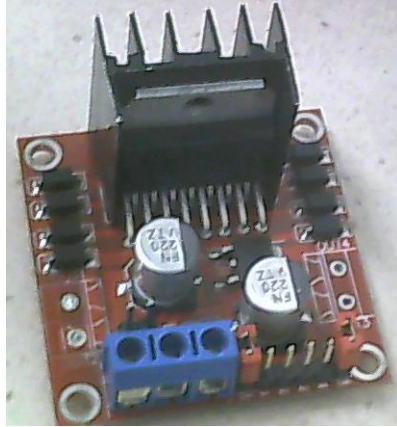


图 9.6 电机驱动模块实物图

采用 L298N 芯片来做电机驱动，可以同时输出两路驱动电流，用时比较方便。

由于临时更改方案比较匆忙，所以整个哨兵无论从外观，布线，还是机械机构，都不尽人意。但是基本上实现了抱死，攀爬上升的功能。

但是方案二同样存在大量不足：

一、外观太丑，很多地方是直接胶布缠起来的，外面漏线太多，太乱，而且不牢固。

二、抱臂头部装有磁铁，虽然一定程度上解决了抱不死的问题，但是瞭望塔同样是铁制品，在一开始启动时，它会吸在铁柱上，导致上不去。

三、机械结构不合理，对铁柱的抱合力还是比较小。

方案三：

1.主控采用 stm32f407 芯片(为了调用 MCU6050 的库函数，更换主控芯片。)



图 9.7 实物图

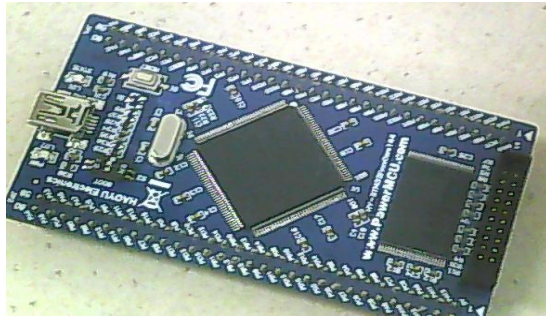


图 9.8 stm32f407 模块

为了得到更大的摩擦力，更换了 12V 减速电机（虽然速度慢，重量大，但是扭力更大，综合考虑，可行！），需要 12V 电源供电。其他模块工作电压一般在 5V~7V 之间，这就需要降压模块。此时选用了 DC-DC 电源模块：

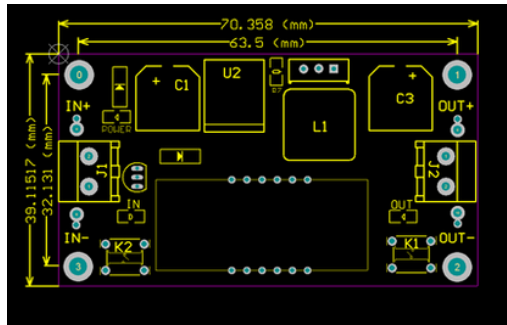


图 9.10 部分 PCB 图

创新点：考虑到有时哨兵上升时有时会旋转，而导致最初始固定的摄像头角度会发生偏转。我们在哨兵上安装了 MCU6050，在摄像底座上安装了舵机，刚刚启动时，MCU6050 会初始化，“记忆”当前摄像头的角度，在整个机身上升的过程中，它会不断的矫正由于机身旋转对摄像头造成的偏差。

部分程序代码：

```

u8 t=0,report=1;      //默认开启上报
u8 key;
float pitch,roll,yaw; //欧拉角
short aacx,aacy,aacz; //加速度传感器原始数据
short gyrox,gyroy,gyroz; //陀螺仪原始数据
short temp;          //温度
NVIC_PriorityGroupConfig(NVIC_PriorityGroup_2); //设置系统中断优先级分组2
delay_init(168);    //初始化延时函数
uart_init(115200);  //初始化串口波特率为500000
LED_Init();        //初始化LED
KEY_Init();        //初始化按键
MPU_Init();        //初始化MPU6050
while(mpu_dmp_init())
{
}

while(1)

```



```

u8 MPU6050_Init(void)
{
    u8 res;
    IIC_Init();//初始化IIC总线
    MPU_Write_Byte(MPU_PWR_MGMT1_REG,0X80); //复位MPU6050
    delay_ms(100);
    MPU_Write_Byte(MPU_PWR_MGMT1_REG,0X00); //唤醒MPU6050
    MPU_Set_Gyro_Fsr(3); //陀螺仪传感器,±2000dps
    MPU_Set_Accel_Fsr(0); //加速度传感器,±2g
    MPU_Set_Rate(50); //设置采样率50Hz
    MPU_Write_Byte(MPU_INT_EN_REG,0X00); //关闭所有中断
    MPU_Write_Byte(MPU_USER_CTRL_REG,0X00); //I2C主模式关闭
    MPU_Write_Byte(MPU_FIFO_EN_REG,0X00); //关闭FIFO
    MPU_Write_Byte(MPU_INTBP_CFG_REG,0X80); //INT引脚低电平有效
    res=MPU_Read_Byte(MPU_DEVICE_ID_REG);
    if(res==MPU_ADDR)//器件ID正确
    {
        MPU_Write_Byte(MPU_PWR_MGMT1_REG,0X01); //设置CLKSEL,PLL X轴为参考
        MPU_Write_Byte(MPU_PWR_MGMT2_REG,0X00); //加速度与陀螺仪都工作
        MPU_Set_Rate(50); //设置采样率为50Hz
    }else return 1;
    return 0;
}

```

2.采用遥控来控制摄像头的角度，手动补偿摄像头的旋转误差。为了避免和场地的无线电发生干扰，我们采用了 PT2272-M4 无线收发模块，采用 2 自由度舵机云台来做摄像头的主控。



图 9.11 PT2272-M4 无线收发模块实物图



图 9.12 自由度舵机云台实物图

十、机器人布线方案设计

1.背景:

参加华北赛区比赛时由于时间紧张,布线没有太多考虑,因此走线比较混乱;选用的导线太粗,成本很高,用在机器人电路设计中比较浪费;各个模块的布局不合理,导致排查问题出现很多困扰,导致调试中烧掉一个稳压模块,所以重新设计布线方案。

2.布线原则:

布线设计要具有实用性、通用性、经济性和安全性

- 1) 实用性: 布线系统将会便于后期的机器人调试
- 2) 通用性: 并且将机器人的布线形成一个体系,在三辆机器人上采用相同的方案
- 3) 经济性: 尽可能的节约使用导线
- 4) 安全性: 具有防止人为破坏的措施,而且保证整个系统不会因为电流过大而损坏

3.电路模块布局

图 10.1 中,裁判系统灯珠固定在车底盘上,位置无法变动;底盘电机驱动是和电机连接的,因此要到在电机的上方,方便连接;电调驱动与云台摩擦轮电机相连,由于云台体积小,没有放驱动的位置,因此将电调驱动放在底盘两侧的中间位置,这样接线,导线最短,不容易混乱;主控板的体积较大,放在裁判系统前;6v 转压模块和 12v 转压模块放在离裁判系统近的地方。

4.布线方案设计

布线时,主要分为两类:一种是电源线,在机器人电路布线中占很大比重,达到了 90%,其中包括转压模块,电机驱动的电源线,电调的转压模块,开发板的供电系统,这些需要能够承载大电流的导线连接;另一种是信号线,包括 can 总线,主控板控制连接线,驱动板控制连接线,这些需要承载较小电流的导线,用杜邦线即可,布线系统框图如图 10.2 所示。



图 10.1 电路模块布局框图

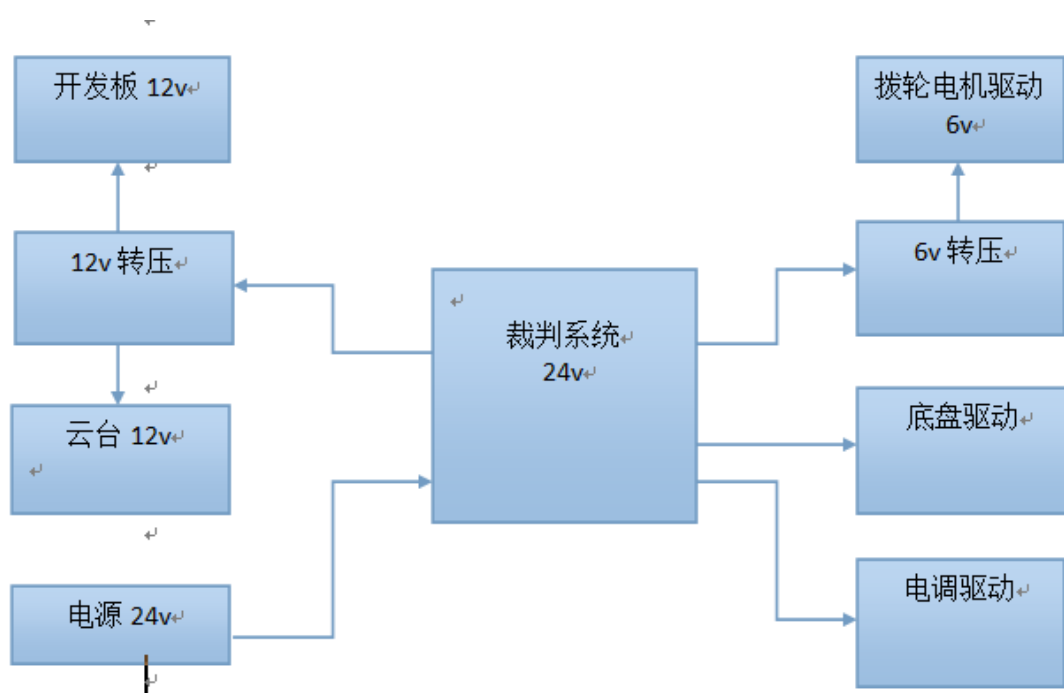


图 10.2 布线系统框图