

取物抛射机器人设计及制作（六）

关键元器件选型

为能完整实现机器人对工作的所有需求，我们需要提前对机器人的电机、动作气缸、主控板等一系列关键原件进行选型和试用，以便机器人能达到预期的工作状态。机器人运动需要各个部位协调统一的进行，同时需要考虑成本问题，尽可能购买性价比更高的元器件。于是在保证相同质量及性能的前提下挑选电机及驱动模块等元器件。

1. 驱动电机——M3508 减速电机



图 1 M3508 减速电机



图 2 57 步进电机

机器人的行走驱动电机拟选择 M3508 减速电机，适用于全速度范围的有感无刷结构，功率密度极高但不适应低速、变速工况的无刷外转子电机 M3508 减速电机套装支持 PWM，信号输入控制和 CAN 总线指令，CAN 总线还可实时读取，电机转子位置等状态信息。使用 RowboaterAssistant 可对电机参数进行调整，让电机工，电机参数进行调整，让电机工作在最佳状态，配置定制 FOC 电调，可广泛应用于机器人移动平台力，驱动模块等机构，M3508 最大功率 220w，最大持续功率 150w。

在价格相同的情况，为了保证机器人行动的万无一失，现在对两

款不同类型的电机进行性能上的对比，如下表所示

表 1 电机性能对比

| 种类 | M3508 减速电机 | 57 步进电机 |
|------|------------|---------|
| 额定电压 | 24V | 12V |
| 空载转速 | 482rpm | 300rpm |
| 环境温度 | 0-50° C | 0-40° C |
| 参数重量 | 365g | 1000g |
| 外径 | 42mm | 30mm |
| 总长度 | 98mm | 100mm |

M3508 减速电机套装拥有业界领先的功率密度，在提供大功率的同时，体积和重量仅为同等级设备的 20%，节省大量空间，输出更多动力，让竞技机器人高效运转。

步进电机的电机功能参数不能完全满足一些工作要求的实现，如果非要使用也不是不可以，但是为了防止不必要的麻烦，我们选择 M3508 减速电机更合适。其体积不仅小巧，且具备强劲的动力，卓越的智能保护为高效能机器人提供强有力的保障。M3508 减速电机，C620 电调 M3508 减速电机由电机与减速器完美集成，配备拥有 FOC 控制技术的 C620 电调，能将功能发挥极致。电机将电能转化为动能，而电调则根据控制信号调节电机的转速，两者构成了动力系统，可广泛应用于机器人移动平台动力、驱动模块等机构。产品多重优势，动力强劲和体积小，所以作为我们电机的首选款。

2. 电机驱动模块——BTS7960

在价格等因素的综合考虑之下，选择的两款驱动模块，但是我们只能选择其中一款，现在对它们的性能进行对比，以便于我们选择更

好的驱动模块用于我们的机器人当中，对比图如下



图3 电机驱动模块 BTS7960

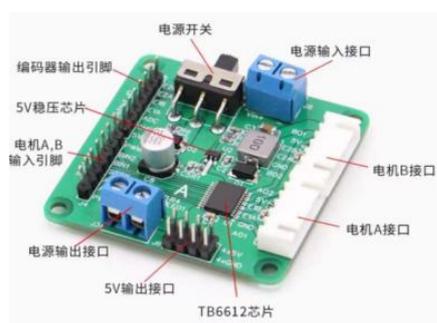


图4 电机驱动模块 TB6612

表2 电机驱动模块对比

| 种类 | BTS796 电机驱动模块 | TB6612 电机驱动模块 |
|----------|--|-----------------------|
| 输入电压 | 4.8-27V | 4.5-15V |
| 单路最大峰值电流 | 20A | 20A |
| 尺寸 | 73x68x14mm | 50x50x8mm |
| 功能 | 电流隔离功能，保护单片机 双路电流检测诊断功能 短路，过热，过压保护 | 短路保护，过温保护，防止 单片机损坏 |

我们选的驱动模块输入电压大，单路输出电流足、动力大，能满足我们对工作的需求，且 BTS7960 电机驱动模块外围电路简单，比较容易实现，调试容易通过率高，而且故障率低，但一般这样的集成驱动芯片电流驱动能力有限（如 TB6612 电机驱动模块），然而我们选择的这一款 BTS7960 电机驱动模块，不仅解决了电流驱动能力不足的问题，还能在一系列复杂的情况下有效的保护我们的单片机，减少因为失误而给我们带来的不必要麻烦。

3.主控板——STM32F103C8T6

在价格等因素的综合考虑之下，选择两款主控板备选，其中最终选择其中一款。参数对比图如下

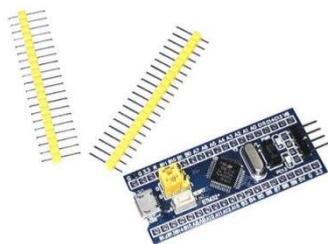


图 5 STM32F103C8T6 最小系统板



图 6 51 单片机最小系统板

表格 2 主控板性能对比

| 种类 | 51 | STM32C8T6 |
|-------|---|---|
| 内核 | ARMCortex-M3, 32Bit@72MHz, 1.25DMIPS | 51Core,8Bit@2MHz Max(分 频后), 0.06DMIPS |
| 地址空间 | 64KB | 4GB |
| 片上存储器 | ROM 只有 2K-64K, RAM 仅为 128B-1K | ROM 为 20K-1MB, RAM 有 8K-256K |
| 存储器结构 | 冯诺依曼结构 | 哈弗结构 |
| 外设 | 仅有三个定时器和一个串口 | 拥有 AD, DA, Timer, WWDG, IWDG, CRC, DMA, IIC, SPI, USART 等众多外设 |

STM32 是 32 位微控制器，51 是 8 位的，所以从内核速度上来讲就快很多，32 里面总线都是 32 位的，也就是一个机器指令可以对 32 位数据进行一次操作，STM32 用的是 ARMCortex-M 系列内核，才用 ARMv7/8 指令集。

时钟方面，51 一般就 8M、16M 的样子，32 不同系列支持的频率不一样，H7 系列可以做到 480MHz，其内部时钟系统也相当强大，进行不同程度的分频后用于不同的片内外设。

片内外设方面，STM32 外设更加丰富，功能更加强大，51 只有两个定时器，两个外部中断，32 有很多定时器（大部分是 8 个），每个定时器的功能都非常，有自带的 pwm 模式，输入捕获，编码器模式等等，可配置多达 16 个外部中断，STM32 还支持硬件 IC，SPIDMA,SDIO，以太网等外设，而 51 对 IIC, SPI 这些只能用 CPU 指令控制 IO 高低电平来模拟，这样非常占 CPU 资源，不利于执行多任高实时性的控制任务。

虽然价格上，STM32 比 51 要贵一点，但从综合能力方面来看

STM32 已经远远甩掉了 51，所以我们才选择 STM32

4 电源模块

在价格等因素的综合考虑之下，选择的两款电源模块备选，选择其中一款，对它们的性能进行对比，以便于我们选择更好的电源模块用于我们的机器人当中，对比图如下。



图 7 LM2596S 电源模块



图 8 LM317 电源模块

表 3 电源模块性能对比

| 种类 | LM2596S 模块 | LM317 模块 |
|------|------------|-------------|
| 输入电压 | 4.0~38V | 4.2~40V |
| 输出电压 | 1.25V~35V | 1.2~37V |
| 输出电流 | 5A | 2.2A |
| 输出功率 | 75W | 55W |
| 转换效率 | 高 | 低 |
| 其他功能 | 过热保护和短路保护 | 没有 |
| 尺寸 | 60*37*18mm | 35.6*16.8mm |

综上所述我们便可发现 LM317 电源模块除了尺寸以外的其他参数都远远小于 LM2596S 电源模块。因只有一块 12V 直流电源电池来给机器人供电，如果电源转换效率过低，机器人移动或是其他动作就会带来额外的电力消耗。并且浪费的功率会转换成热量的形式来消散，这也会导致电路板上的元器件出现损坏。所以选择 LM2596S 电源模块。

5 电磁阀：sy3120 6lzd c6 直动式电磁阀

机器人运动过程中，同时需要满足高初速度以及高适应性，同时兼顾控制精度、价格等因素，考虑的电磁阀主要有两种。其性能对比如下表所示。



图9 直动式电磁阀 图10 分步直动式电磁阀

表4 电磁阀性能对比

| 种类 | 直动式电磁阀 | 分步直动式电磁阀 |
|-------|-------------|-------------|
| 环境温度 | -5~+50℃ | -4~+55℃ |
| 使用压力 | 0.15~0.9MPa | 0.15~0.8MPa |
| 保证耐压值 | 1MPa | 1MPa |

考虑到机器人动作的速度和敏捷性，在这里我们采用了直通式电磁阀，其结构可靠性与动作稳定性都优于其他两种电磁阀，同时在零压差和微真空下正常工作。因赛制规定气瓶的气压为0.8M大气压，所以电磁阀的膜片工作时就需要能长时间在此压力下工作，复杂型的膜片结构就无法满足气动结构的快速动作，于是我们选择了直动式的膜片结构。

能在0.05s内快速使气动机构动作，在机器人使用过程中气缸量较少，所以选用3口二位就能满足需求且简化结构，同时我们只需要一个信号控制采用单控的方式能极大地降低错误率。在快速操作下，电磁阀的励磁时间需要尽可能的小，这款产品可在0.05s内完成励磁，

可满足快速操作的需求。

6 大气缸 MAL25X15

机器人运动过程中，同时需要满足高初速度以及高适应性，同时兼顾控制精度、价格等因素，考虑的气缸主要有两种。其性能对比如下表所示。



图 13 大气缸 MAL25X15

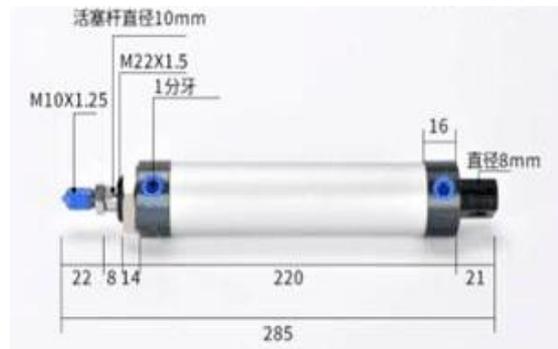


图 14 双联式气缸

表 5 气缸性能对比

| 种类 | 活塞式气缸 | 双联式气缸 |
|------|------------|-----------|
| 缸径 | 25mm | 16mm |
| 最大行程 | 800mm | 200mm |
| 温度范围 | -20~70 摄氏度 | -5~70 摄氏度 |
| 动作方式 | 双作用 | 固定式缓冲 |
| 压力 | 0.1~1.0Mpa | 1.0Mpa |

本次选用的大气缸 MAL25x150 是笔形气缸，与其他类型的气缸（如双轴气缸）相比，具有结构紧凑，螺纹安装固定能有效节省安装空间的特点，还能够适应高频率的使用，以确保在赛场上时的可靠性和耐用性，且在具备实用性的同时还兼顾了外观，圆柱体形状的外观显得更加好看。

对比双轴气缸，其直径只有双轴气缸的一半，直接节省了一半的

空间，且 MAL25x150 的最大行程和温度适应范围都优于双轴气缸，并且因为动作方式的不同，笔形气缸所完成一次抛射的时间远远低于双轴气缸，这就使得相同时间内笔形气缸能够完成更多次抛射，而在赛场上每一秒都是相当宝贵的，而每多一点时间，就多了一分胜利的可能性，综上所述，最终采用了 MAL25x150 大气缸。

本次采用的 25x150 规格在笔形气缸中属于较大规格，所具备的作用力也完全能够将火炬抛射到台上，是夺取比赛胜利的一大助力。此气缸位于小车前端主要控制物体飞出。

根据气缸压力公式分析：

$$F1 = P \times \pi / 4 \times D^2$$

$$F2 = P \times \pi / 4 \times D^2 \times d$$

其中：F1 无活塞杆端的最大理论输出力(N)

P-公称压力(Mps) D-气缸径(mm) d-活塞杆直径(mm)

气缸的工作温度为-20~70 摄氏度，不仅适合低温工作，并且在常温下能工作较长的时间。

7 编码器

机器人运动过程中，需要满足使用，同时兼顾使用时间、价格等因素，考虑的编码器主要有两种。其性能对比如下表所示。



图 15 EPC-755A 编码器



图 16 AS5047 磁吸编码器

表 6 编码器性能对比

| 种类 | EPC-755A 编码器 | 磁吸编码器 |
|------|-----------------------|-----------------|
| 输入电压 | 5~28VDC | 3.3/5V |
| 工作精度 | $\leq \pm 0.01^\circ$ | $\pm 0.2^\circ$ |
| 使用时间 | 平均 10 万小时 | 43000 小时左右 |
| 转速 | 7500 | 28000 |

EPC-755A 是美国 ENCODER PRODUCTS 公司生产的微型光电编码器，具有重量轻、体积小、耐碰撞、易安装等优点，其直径和长度均为 1.5 英寸，采用能保证多年可靠工作的金属结构，具有多种灵活的安装方式，能大大降低安装成本。该光电编码器输出为双通道正交信号，具有校正基准信号，可方便地实现双向计数。

与磁吸编码器比较，PC-755A 光电编码器具备良好的使用性能，在角度测量、位移测量时抗干扰能力很强，其转速虽然差了 AS5407 磁吸编码器一截，但是已经足够机器人使用，但其工作精度高于 AS5407 磁吸编码器，且还具有长达几年的寿命，远远的超出其他型号的编码器，还具有高精密度和易于安装的特点，非常适合用于机器人，因此，我们最终选择 EPC-755A 编码器。

下表为 EPC-755A 编码器完整参数：

| 指标 | 参数 |
|------|---|
| 输入电压 | 5~28VDC (最 4.75V, 最大 28.0V) |
| 输出电流 | 最大 100mA |
| 输出信号 | 2 路计数脉冲, 1 路基准脉冲 |
| 基准信号 | 每圈输出 1 个脉冲, 中心与通道 A 波形重合 |
| 测量范围 | 最大可测旋转速率为 7500 转/分 |
| 工作温度 | 最高可达 100°C |
| 频率响应 | 100kHz, 最高 200kHz |
| 分辨率 | 最低 1 个脉冲/圈, 最高 6000 个脉冲/圈, 中间有 55 种分辨率可选择 |
| 安装方式 | 柔性方式, 伺服方式, 法兰盘方式 |
| 使用寿命 | 平均 10 万小时 |
| 重量 | 柔性 100 克, 伺服 90 克 |
| 转轴方向 | 双向 |
| 工作精度 | 两圈间误差 $\leq \pm 0.01^\circ$ |