
清障机器人设计及制作（六）

关键元件选型

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、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. 电机选型

(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) C620 无刷电机调速器



图 3 C620 无刷电机调速器

支持两种可选控制方式

50-500Hz 的 PWM（脉宽调制）信号控制

CAN 总线指令控制

最高支持 20A 的持续电流

支持对总线上的电调快速设置 ID

支持通过 CAN 总线获取电机温度、转子位置和转子转速等信息，
切换电机时可无需进行霍尔校准

M3508 减速电机套装参数

额定电压：24V

空载转速：482rpm

持续最大扭矩：3N² m

3N² m 下最大转速：469rpm

使用环境温度：0-50° C

M3508 直流无刷减速电机参数重量：365g 外径：42mm 总长度：

98

输出轴：D 型带螺纹孔输出轴直径：10mm

C620 无刷电机调速器参数额定电压：24V

重量：35g

尺寸（长宽高，不含线）：49.4*25.8*11.5mm 带线总长度：
344±15mm 信号类型：CAN 指令、PWM 最大持续电流：20A。

2.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

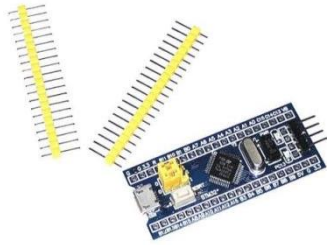


图 4 STM32F103C8T6 最小系统板



图 5 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 11C, SPI 这些只能用 CPU 指令控制 10 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

3 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 6 EPC-755A 编码器



图 7 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 $\leq \pm 0.01^\circ$

4. 电磁阀

电磁阀原理上分为三大类：直动式、分步直动式、先导式。考虑到机器人动作的速捷性，在这里我们采用了直通式的电磁阀，其优于另外两种电磁阀在于结构简单，动作可靠，在零压差和微真空下正常

工作。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。



图 8 电磁阀实物图

5. 气缸

(1) 小气缸 MAL16X50-CA

机器人运动过程中，同时需要满足高稳定性以及高适应性，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。



气缸 MAL16X50



双联式气缸

图 9 两种气缸对比图

表 5 气缸性能对比

种类	活塞式气缸	双联式气缸
缸径	16mm	16mm
最大行程	500mm	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 MAL16x50 是笔形气缸，此气缸位于小车中部主要控制货叉叉臂的升降，对于挑起物体时平稳控制物体的上升。

与双轴气缸相比，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，圆柱体形状的外观更加没关。

根据气缸压力公式分析：

$$F1 = P_x \pi / 4 x^2 D$$

$$F2 = P_x \pi / 4 x^2 D^2 d$$

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。

(2) 大气缸 MAL16X175

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

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 MAL25x175 的最大行程和温度适应范围都优于双轴气缸，除此之外，综上所述，最终采用了 MAL25x175 大气缸。



图 大气缸 MAL25X150



图 双联式气缸

图 10 两种气缸对比图

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 MAL25x175 是笔形气缸，此气缸位于小车货叉装置的叉臂上，主要用于障碍横杆的弹射。

与双轴气缸相比，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 MAL25x175 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，笔形气缸的弹射速度高于双轴气缸，综上所述，最终采用了 MAL25x175 大气缸。

本次采用的 MAL25x1175 格在笔形气缸中属于大规格，所具备的作用力也完全能够将障碍横杆弹射出去。

根据气缸压力公式分析：

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

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

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。