

Robogame 机械培训

机械设计的重要性

机器人所有功能都需要依托其机械结构来完成，一个机器人性能的上限取决于其机械结构的设计（能否达到上限取决于电控和程序）。我们通常将（参加比赛的）机器人分为机械结构，电路，程序三个部分，其关系是程序通过电路控制机械结构行使功能，而设计制作得当的机械结构无疑是一切的基础，此外，机械设计还影响最终成品安装拆卸的方便性（比如等到实际装的时候才发现当时设计的东西没有地方装螺丝），经济性。

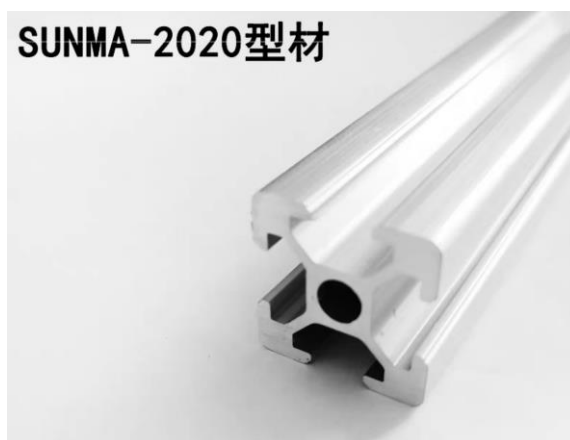
在这里特地分一章说明机械结构的重要性！虽然看上去没有电路和程序“高大上”，但在机器人中绝对无可替代。

材料篇

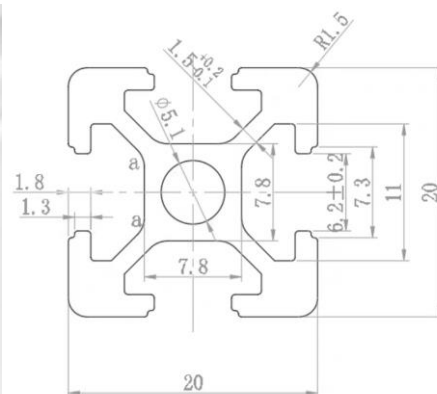
金属材料

铝型材

铝型材（尤其是 2020）是大家比较常用的一种金属型材，由于表面有许多的沟槽，所以他可以用比较小的质量来实现较高的抗弯强度（可以类比为芦苇杆），可配套使用的标准件也比较多，这让他有许多不同的连接方式（固连，铰连），强度刚度都可以满足 robogame 的要求。但是，如果要是大量的使用铝型材，整车的重量还是比较重的。



铝型材 2020



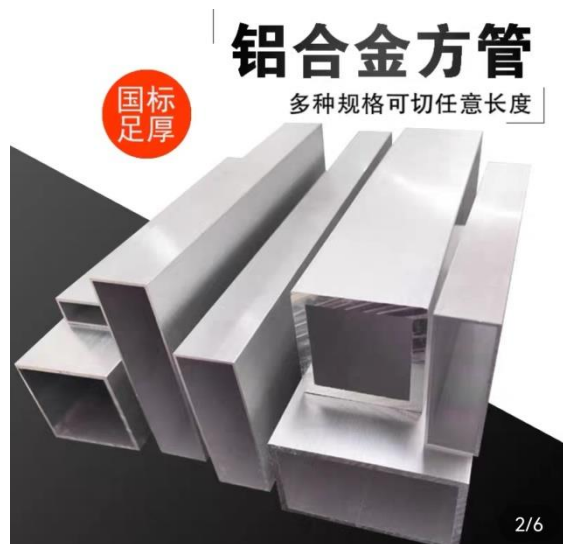
铝型材 2020 截面图



铝型材的各种配件

铝方管

一种比铝型材更轻的材料，各种尺寸非常的多，单位长度的质量非常小，可以极大地减小车重。但是价格也相对贵一些，并且没有像铝型材那样多种多样的连接件可以使用（但是也有很多标准件可以使用（淘宝直接搜连接件））。如果要用在机器人上用作承重，建议选择宽度 25mm，厚度 2mm 及以上的。（也不要太大太厚）



各种各样的铝方管

铝板

Robogame 较常使用的材料之一，重量较轻，强度较高，可加工性也是非常的好，不过导电性也是非常的好（如果有模块放在上面的话一定要注意做好绝缘，最便宜的是铺墙纸）（加工方式多样，激光切割只能二维加工，但是价格相对会便宜一点，cnc 加工可以加工 3 维，但是价格相对较高，具体情况要联系客服）



铝板

复合材料

碳板

碳纤维板是将同一方向排列的碳素纤维使用树脂浸润硬化形成碳纤维板材，力学性能优异，比强度高，价格也相对较贵一点。（但是和铝相比也不是贵很多）。而且碳板的加工厂家大多可以按照客户提供的图纸加工异形的零件（碳板的加工多是用雕刻机完成，相对比较便宜），但是很多卖铝板的厂家不一定有相关的设备，最多最能简单切割钻孔铣平面。

需要注意的是，碳板是导体，也具有比较好的导电性。（考虑到市面上碳板的垂直连接件相对较少，因此组委会提供了一款自己设计的碳板的垂直连接件，可以用于承受弯矩不是很大的碳板垂直连接）（因为robomaster用量较大，因此可以批量定制，把价格压下来）



各种颜色的碳板

碳管

比强度高，密度低，通常不用于承重，而是用于架高一些电子模块（摄像头，传感器一类）。



各种颜色的碳管

塑料

尼龙

比较常见的一种塑料，耐腐蚀，有自润滑性，减阻效果好，机械强度比较高，韧性好，绝缘，robogame 上常用的是尼龙柱用于安装固定各种电子模块，此外，淘宝上还有一些尼龙的加工服务，大家如果有需要的华可以自己搜索。



尼龙柱

耐磨尼龙板棒

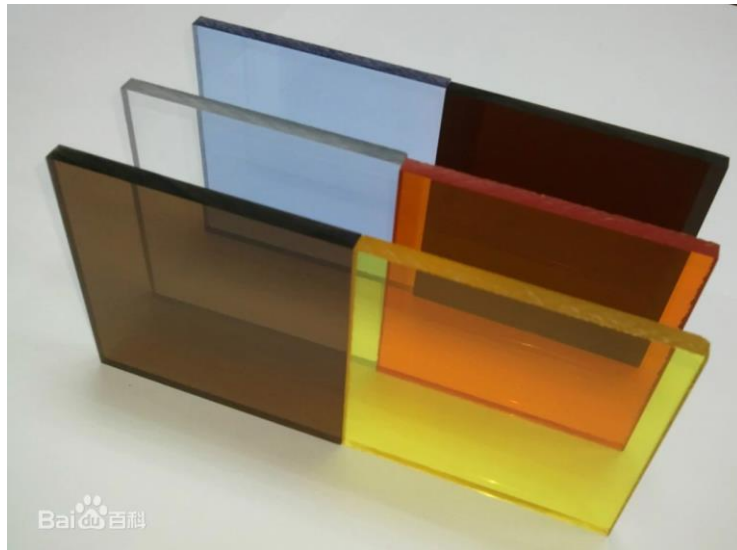
防腐/自润滑/强度高



尼龙材料

亚克力

又叫有机玻璃，透光性，具有比较好的绝缘性能，没有玻璃那么易碎，也不像玻璃那样碎掉后会有尖锐的碎片。亚克力虽然可以用钻头钻孔，但是钻的过程中麻花钻会与有机玻璃摩擦产生的热，容易使钻屑熔化粘在钻头上，包裹住钻头，会使有机玻璃受热过大而破裂，所以对于我们而言（特别是经验不足的人）来说并不是很好加工。



亚克力材料

3D 打印

我们学校最新成立了创新实践中心（位于中区 3 号楼后面的地下室），**打印不收取任何的费用**，大家可以充分利用学校的资源，对于 FDM 打印，常用的材料为 PLA（一种塑料），这种材料的机械性能相对适中，不适合用于承重。而光固化 3D 打印的材料表面比较平整，适用于对于表面粗糙度有一定要求但是对力学性能要求不高的零件，但是材料的机械性能不如 PLA。

底盘篇

说到底盘，大家最粗浅的印象大多是一个板加上四个轮子，但是，实际上这些东西的设计颇有讲究。比如，底盘基本承载了整个机器人的重量，所以肯定要有一定的强度要求，并且，假如底盘的弯曲程度太大，必然会对底盘的形变量不能太大，这就对底盘设计的刚度有一定要求，但是底盘又不能特别重，一方面是惯性大会导致机器人难以控制，另一方面又对电机提出了更高的要求。以往有队伍为了追求刚度，使用了 1cm 厚的铝板作为底盘，也有队伍为了追求轻便，仅仅使用了 2mm 厚的铝板，这就导致了底盘的刚度不够，轮子外撇，影响了底盘的使用效果和寿命（一开始会发现底盘的变形是可恢复的，可是用了两个月发现不可恢复了）。

就我们比赛而言，底盘是我们机器人的移动机构，底盘设计的是否优异很大程度上影响了最后机器人的移动性能。

就我们的经验来看，要想兼顾刚度和轻便的使用要求，可以使用铝方管或者铝型材搭建一个底盘的框架。然后再在框架上放置一块相对较薄的板材用于放置各种电子模块，因为这块板不需要承担载荷，故选用较薄的材料也是可以的。

轮系布局

对于我们目前经常使用的机器人移动底盘，常见的有轮式和履带式两大类，以下对这两类分别进行介绍。

履带式机器人：

优点：越障能力、地形适应能力强，可原地转弯

缺点：速度相对较低、效率低、运动噪声较大

适合：野外、城市环境都可以，尤其在爬楼梯、越障等方面优于轮式机器人

（对于 robogame 来说不推荐）



轮式机器人：

优点：速度快、效率高、运动噪声低、

缺点：越障能力、地形适应能力差、转弯效率低，或转弯半径大。

适合：野外、城市环境都可以，但是地形不能太复杂，如上楼梯难以实现。

轮系选择及其布局

橡胶轮：

优点：摩擦力大，抓地力好，结构简单

缺点：仅能靠差速运动或者是阿克曼结构的方式实现转动，难以实现全向移动，灵活性较差，对于 robogame 比赛不太推荐



图：橡胶轮



图：阿克曼底盘小车

全向轮

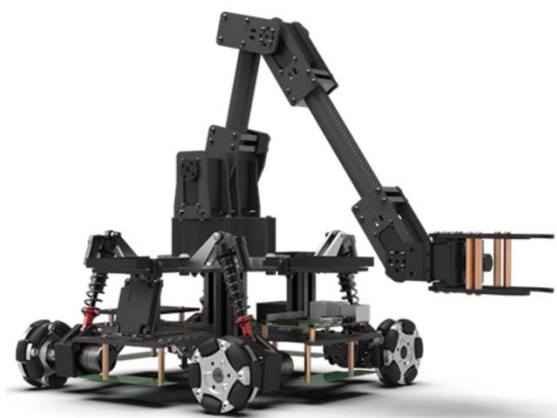
优点：与麦克纳姆轮相比，旋转性能优异，轮系的布置相对灵活（三角形布置、四边形布置均可）（既可以做主动轮也可以做从动轮）。可以实现全向移动，其中三角形布置可以满足三轮同时着地，全向移动（大轮子上有一圈小轮子可以实现运动的分解），并且省下一套轮子电机的经费；但是难以保证三个轮子的角度，并且控制比较复杂。

四轮布置控制相对容易，但是难以保证四个轮子有大体相同的抓地力，导致空转或少转）

缺点：结构比较复杂，抓地力较弱。



图：全向轮





图：几种不同的全向轮底盘布局方式

麦克纳姆轮

优点：可以实现全向移动，相对全向轮而言抓地力更大移动速度快（但是比胶轮小，因为要实现分出摩擦力进行全向移动，所以存在动力损失）

缺点：相对较贵（对于 robogame 而言比较推荐）。常规的底盘布局越障性较差。



图：不同尺寸的麦克纳姆轮



麦克纳姆轮小车（要注意四个轮子的方向，从上面看，是一个 x 形的布置）

悬挂

悬挂的主要功能是传递作用在车轮和车架之间的力和力矩，并且缓冲由不平路面传给车架或车身的冲击力，并衰减由此引起的震动，以保证底盘能平稳地行驶。

对于我们 robogame 而言，悬挂还有一个作用就是让轮子的受力更均匀，这里可能比较难以理解。我们知道，不在同一条直线上的三个点确定一个平面，那么假如不考虑外力的作用，实际上 3 个轮子就可以让机器人立在地面上，对于理想情况，四轮车也确实可以四轮同时受力对称地与地面接触。但是，对于实际情况而言，由于存在制造和装配误差，导致四个轮子的高度并不平齐，从而导致四个轮子和地面的接触力并不均匀，这就会导致底盘在移动的过程中摩擦力分布不均匀，从而导致打滑的情况存在。解决这个问题的一个解决方法就是悬挂。

非独立悬挂

优点：有一定的减震性能，结构比较简单

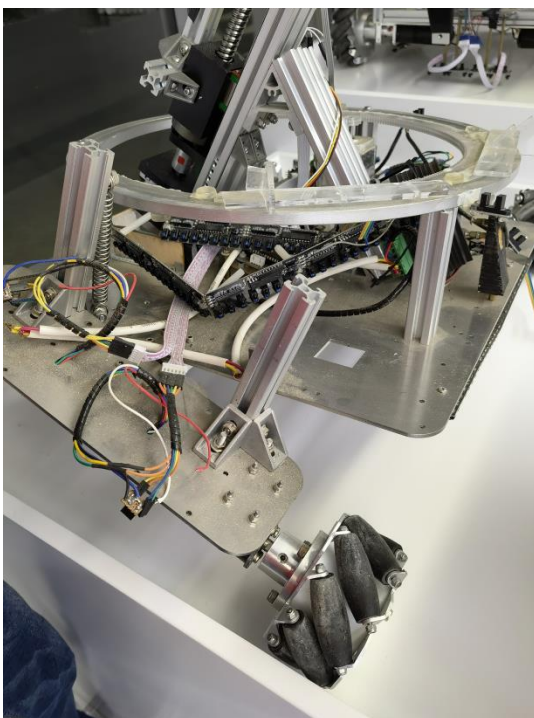
缺点：由于各个悬挂之间相互影响，因此悬挂的减震能力不一定能发挥到最好。



往届 robogame 非独立悬挂设计

共轴摆式悬挂

机器人的底盘分为两部分，这两部分可以沿着底盘的中轴线做摆动，结构简单，使用灵活。价格相对较便宜。某宝上成熟的商品很多（注意这种底盘的载重，留出一定的安全系数）



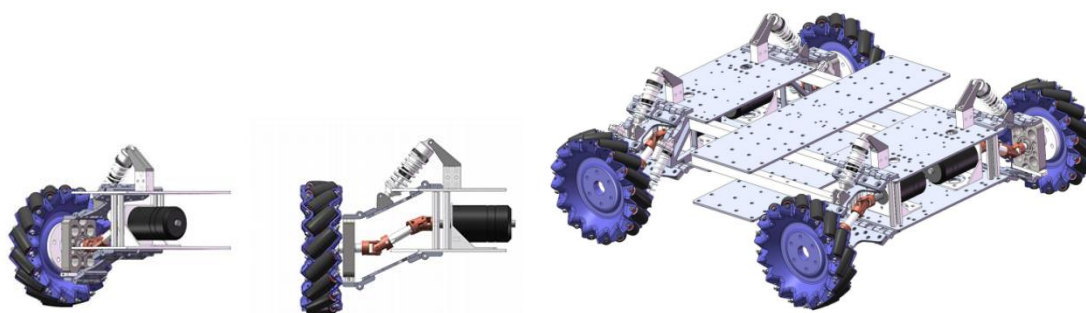
☒ 铝合金板+悬挂模块+铝合金加高板



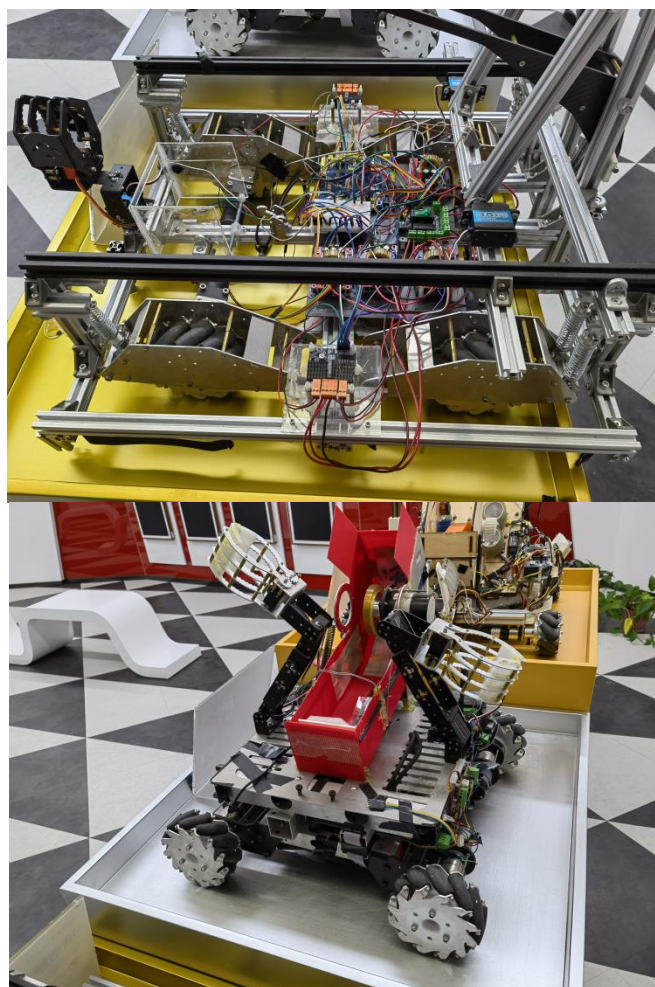
独立悬挂

优点：减震性能好

缺点：结构复杂，价格昂贵。



robomaster 一种独立悬挂的布局



往届 robogame 的底盘布局

值得一提的是，悬挂并不是必须的，如果悬挂调整不好，也可能会带来副作用。

电机座

有的人疑惑为什么这个要单独拎出来说。因为电机在设计的时候大多数是提供扭矩的，并没有考虑到他会受到很大的弯矩（所以我们 robogame 的使用环境对于电机来说是比较恶劣的）实际中大家经常可以买到的电机座大多数都是 L 形的，那么在“L 形”的拐角处就会存在较大的应力。实际使用的时候，如果车比较重，那么这个地方就会存在变形的问题。



常见 L 形电机座

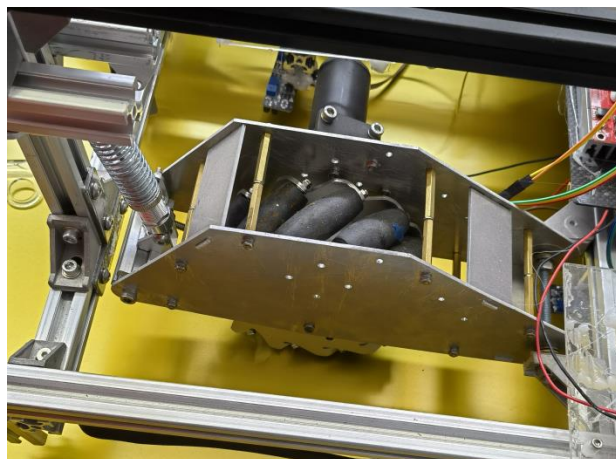
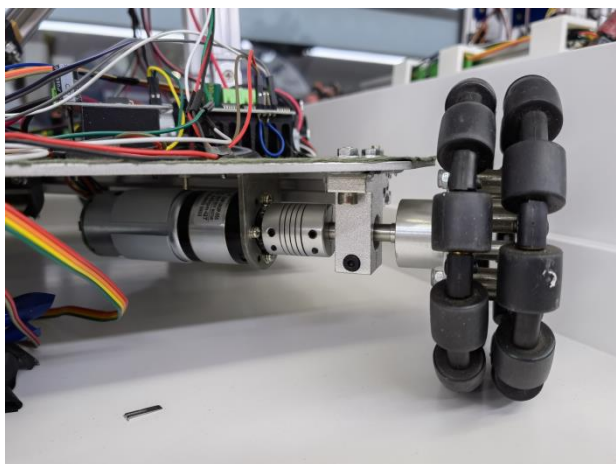
解决方案

1. 采用带肋板的电机座（这种方案不一定可行，因为电机座大多是和电机减速箱配套的，当然如果有，那么尽量采用带有肋板的电机座）



带有肋板的电机座

2. 采用一些设计把电机轴的悬臂梁改为外伸梁或简支梁，让电机座不承受弯矩，只承受力，可以采购成熟的方案（可能仅能与部分电机配合），可以自己设计。

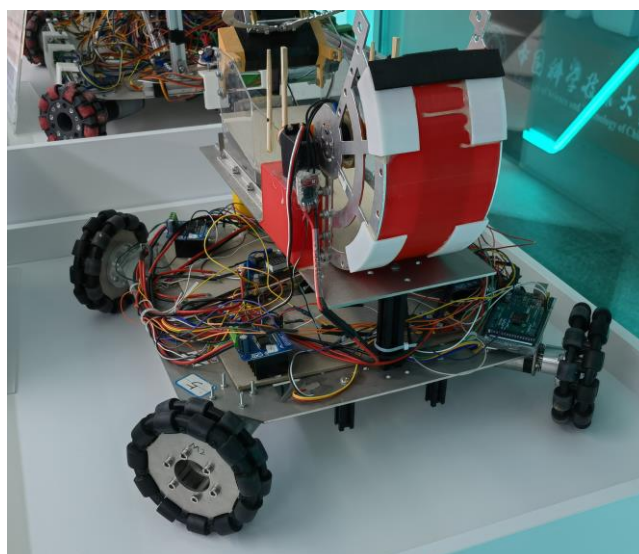


往届 robogame 自己设计的解决方案



采用成熟的解决方案

再指出一点，就是采用加固的电机座也不一定是必须的，而是要根据实际情况来选择方案，如果做出来的车相对较重，那么还是加固一下比较好，但是如果做出来的车非常轻，那么也不一定需要采用加固的电机座，往届也有许多没有采用加固电机座，但是也没有出现刚度不够的实例。



电机轴

电机轴和轮子的固定（其他的也一样）主要分为轴向固定和径向固定。对于我们常买到的电机，采用的径向固定方式有采用键，D 形轴，顶丝固定。其中键固定可以传递较大的扭矩，顶丝固定所能传递的扭矩较小，只适合扭矩的电机，对于 robogame 特别是底盘的驱动电机而言，非常不建议采用；轴向固定方式有涨紧套（未拧紧前是间隙配合，拧紧后是过盈配合，其原理和通过高强度拉力螺栓的作用，在内环与轴之间、外环与轮毂之间产生巨大抱紧力，以实现机件与轴的无键联结），顶丝固定。我们比较建议采用涨紧套固定。

（需要注意的是，涨紧套的内径要和电机轴的直径相同，涨紧套的外径要和轮子的法兰的内径相同）



各种各样的涨紧套

执行器篇

电动

直流有刷电机

通过换向器交替接通转子线圈，实现转动。

优点：价格便宜，控制简单（大多数只需要通过 PWM 进行控制即可），起动转矩较大，控制电压即可调速。

缺点：寿命较短（大约为 1 千多个小时，对于 robogame 比赛而言够用），适合高速转动，低速转动时需要加行星齿轮减速箱，需要外加编码器输出速度信息。

直流无刷电机

使用三相交流电励磁实现转动

优点：寿命较长，可靠性高，可高速可低速

缺点：价格较高，需要无刷电调把直流信号转化为交流信号（有的内部已集成电调，可以通过输入控制信号，如 PWM）控制，控制相对复杂。

步进电机

通过转子的特殊齿状结构实现单次脉冲转动固定角度

优点：控制方便，开环即可实现精确的位置控制，寿命较长。

缺点：只能中低速转动，负载能力不强，常常和丝杆等减速机构配合使用。

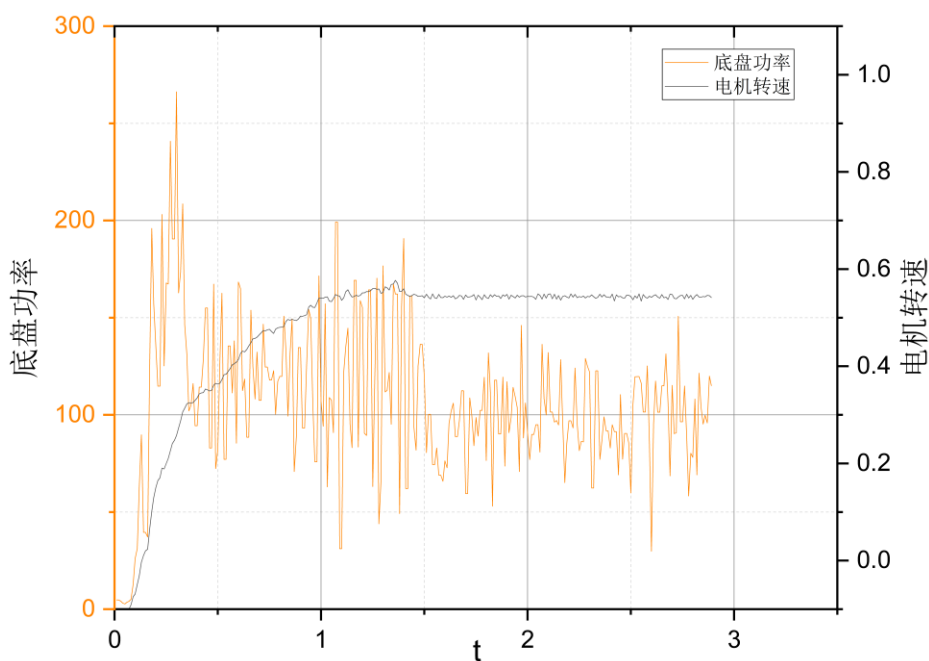
减速箱

对于我们日常能买到的电机而言，电机的转速很高，通常都是在 8000rpm 以上，但是输出的扭矩却很小，远远达不到驱动控制机器人移动需要的力，这时就需要用到减速机构来减转速增力矩。例如普通电机和齿轮减速箱组合，步进电机和丝杆组合用于抬升比较重的物体，这部分通常和电机一起售卖，大家需要根据自己设计的机器人的重量，移动的速度（通常可以到 1~2m/s 就很不错了），需要的扭矩来选择电机的功率，减速比。

以下提供一个**错误**范例

假设车轮与地面的摩擦系数为 0.1，车轮的半径为 5cm，爬坡坡度为 15°。故平地行走时 $f = 10 \times 9.8 \times 0.1 = 9.8\text{N}$ 电机需要产生的扭矩 $M = 9.8 \times 0.05 = 0.49\text{N} \cdot \text{m}$ 在斜坡上 $f = 0.1 \times 10 \times 9.8 \times \cos 15^\circ + 10 \times 9.8 \times \sin 15^\circ = 34.83\text{N}$ 电机需要的扭矩为 $M = 34.83 \times 0.05 = 1.74\text{N} \cdot \text{m}$ 。理论上车身的行走最大速度为 $v = 2\pi \times 0.05 \times 128 \div 60 = 0.67\text{m/s}$ 假设行走时的速度为 0.5m/s 电机的最大功率为 $P = 0.5 \times 34.83 = 17.41\text{W}$ ——摘自往届某参赛队伍计划书

乍一看这些理论计算都没有错误，但是实际结果是，四个 0.5N·m 的电机很难带动一个重达 10kg 的车，那么问题出在哪里呢？首先我们只考虑了机器人处在匀速状态的功率，这个功率是也确实是比较小的，并且，轮式车辆的运动过程是一个相对复杂的过程，并且，运动过程中车辆动力的输出是要不断调整，所以需要流出一定的**调整余量**，想要具体分析出多大的扭矩可以带动车辆前进比较困难。以下为 robomaster 加速过程中电流，功率的实时变化曲线，可以看到，在加速过程，电机需要的功率是比较大的，在匀速状态却相对较小。



Robomaster 步兵加速曲线

	阿克曼转向小车 (配125mm直径轮胎)	差速小车 (配125mm直径轮胎)	麦克纳姆轮小车 (配152mm直径轮胎)	3轮全向轮轮小车 (配127mm直径全向轮)
5.18减速比 最大速度	1200rpm	不小于6m/s	不建议做麦克纳姆轮小车，扭矩不够，速度快可能打滑	不小于6m/s
5.18减速比 最大负载能力	0.26N·m	5kg		6-7kg
27减速比 最大速度	230rpm	约1.3m/s	约1.8m/s	约1.3m/s
27减速比 最大负载能力	1.35N·m	20-25kg	12-20kg	15kg
51减速比 最大速度	122rpm	约0.75m/s	约0.95m/s	约0.75m/s
51减速比 最大负载能力	2.55N·m	40-45kg	20-30kg	20-25kg
71减速比 最大速度	87rpm	0.5m/s	0.65m/s	0.5m/s
71减速比 最大负载能力	3.55N·m	48-55kg	35-45kg	30-35kg

某电机厂商推荐表

电机驱动模块

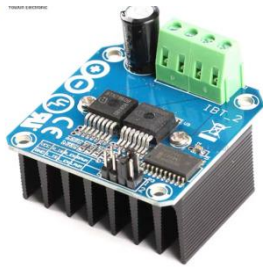
需要注意的是，我们的单片机常采用 TTL 电平标准（最大不超过 5V），因此，用单片机直接为电机提供能量是不可取的。所以，就需要有电机驱动模块来把单片机的指令转换为电机的转动，有的是直接集成在电机内部的（如部分直流无刷电机和伺服电机），有的是需要另外购买的，每种类型的电机需要有专门的驱动模块，有刷电机有有刷电机的驱动模块（常用的是 H 桥），无刷电机有无刷电机的驱动模块，步进电机有步进电机的驱动模块，这些模块之间是互不通用的（不能拿有刷电机的驱动模块来控制无刷电机）。

MOS直流电机驱动

- 12A大电流
- 多重保护
- 控制信号全隔离



有刷电机驱动模块



步进电机驱动模块

编码器

编码器的种类较多，可分为增量式编码器（只能输出变化量，掉电后丢失自己的位置）和绝对值编码器（输出的是绝对值，掉电后依然可以知道自己的位置），对于增量式编码器，根据其工作原理可以分为霍尔式，光电式，磁阻式等。霍尔式每转一圈产生的脉冲（称为线数）较少，也就十几个脉冲，光电式编码器的线数较多（至少 500），在低速下依旧可以有不错的精度。此处需要注意的一点，编码器反应的是电机的转速，实际使用的时候是看其输出的转速，比如说编码器的线束为 13，电机的减速比为 30，那么输出轴转一圈，电机可以产生 390 个脉冲，精度接近 1°，但是对于我们比赛而言，霍尔式的编码器也够用的。



自带光电编码器和霍尔编码器的电机

电机选型参数：额定转速，额定扭矩，额定电压，额定电流，减速比，堵转电流，堵转扭矩，，是否带编码器（推荐带）

舵机

伺服电机的一种，内部自带伺服控制单元，可以根据输入信号调整自己的位置，只能进行位置控制，可以提供较精确的角度控制（误差大约为 1° ）和有限的力矩，转速较慢（ $0.16s/60^\circ$ ）。有转动范围限制（常见的是 180° 和 270° ）舵机有 3 根线，两条电源线和一条信号线（注意不要接错），一般是 $5V \sim 8.4V$ 供电。所有舵机一定要用一个降压模块独立供电，不可以把舵机的电源线直接接单片机的 $5V$ ！可以用单片机输入控制信号

舵机的种类比较多，有比较常见的**模型舵机**（指的是用在模型上），也有小型的 $9g$ （指舵机的重量是 $9g$ ）舵机（常用于航模，工作电压低，扭矩小，仅 $0.16N \cdot m$ 常用于一些需要旋转的模块，比如摄像头），也有大型的工业舵机（输入电压高 $12 \sim 24V$ ，扭矩大，可达 $18N \cdot M$ ）

市面上能买到的主流舵机控制方式有两种，一种是通过 PWM 信号控制的舵机和利用总线控制的舵机。

对于 PWM 控制的舵机，通常的控制方式是改变输出 PWM 波的脉宽来控制舵机旋转到一定的角度（控制简单）。对于总线控制的舵机，则是通过其通讯协议发出对应的指令来控制舵机（因为每个电机都有自己的地址，所以可以挂到一条总线上）（接线简洁）。

目前市面上的舵机大多数是采用低压电机（额定电压大约为 $6V$ ）这样就会导致舵机的电流比较大，所以虽然一个舵机标注的是 $40kg \cdot cm$ （ $4N \cdot m$ ）的扭矩，但是实际使用的时候不推荐满负载使用，这样电机的发热会非常严重，甚至可能烧坏舵机（舵机还是比较容易坏的，建议多买几个备份），一般是到标注扭矩的 70% 市面上也有一些高压的舵机（额定电压 $12V$ ， $24V$ 的）但是价格比较贵

推荐使用单片机生成 PWM 波控制，网上有舵机控制器卖，但其存在问题，不适合复杂控制。

DS3218 主要参数

工作电压：4.8~8.4V
可控角度：180°或270°
驱动方式：PWM
脉宽范围：500~2500μsec
控制精度：3μsec
尺寸：40*20*37.2 mm
重量：60 g



工作电压	5V	-	6.8V
待机电流	4mA	-	5mA
空载转速	0.16sec/60°	-	0.14sec/60°
堵转扭矩	18 Kg-cm	-	21.5 Kg-cm
堵转电流	1.8A	-	2.2A



PWM 控制的舵机

总线控制的舵机

ElecFans 电子爱好者 SG90/MG90/SG92R舵机 固定翼航模遥控飞机马达



9g 舵机



工业舵机



PWM 舵机接线



总线舵机接线的简洁

模型舵机有非常多的标准连接件，因此如果感觉商家的机械臂不能够拿起那么大的物品，想要自己设计机械臂的话（如底端采用多舵机并联的方式提高扭矩）也不是不行，推荐参考已有的设计方案采用舵机的标准件自己拼装机械臂，要注意扭矩的校核，而不要自己设计连接件。



舵机标准件

电动推杆

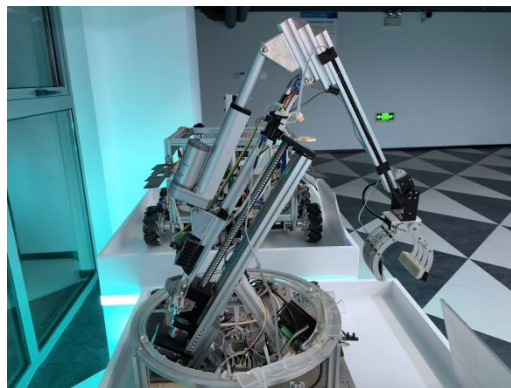
一种带有限位保护的电动直线驱动部件，通常采用螺杆机构转换为直线运动，速度低，推力大，动力源多样可以是普通的直流有刷电机，也可以是步进电机，甚至是伺服电机，具体的选型指标有推力，速度，最大伸长量，是否需要编码器，是否可以自锁，底座、顶杆的类型（图中有凸起，还有平底等类型）等。除了左图那种大型的推杆之外，还有一种右图所示的小型推杆。



电动推杆



迷你电动推杆



2019 届 robogame 冠军车的机械臂设计

气动

所谓气动，主要是利用大气压差工作，具体使用时包括两类，一种是以吸盘，吸气泵为主的吸气类（制造低于负压进行工作），和以气瓶气缸电磁阀为主的出气类（制造高压进行工作）

吸气类

真空发生器：真空发生器就是利用正压气源产生负压的一种



真空泵：可以使用电力（动力源为一个电机）进行抽气达到负压状态，对于 robogame 而言通常使用的是微型真空泵，相对而言比较推荐（要留意所买真空泵所能产生的负压值和吸气流量）



某款真空泵

吸盘：配合真空发生装置使用，达到吸气某些物体的目的，要求接触表面尽量光滑平整，没有缝隙，否则会漏气导致达不到需要的压差。注意要正对能产生的吸力和要吸起的重物质量进行校核。

出气类：

气瓶：储存高压气体的装置，网上型号较多，特别注意所买气瓶所能承压的上限还有种类，不要买成工业用的一人高的储气瓶。

气管：只有颜色，粗细两种参数区别，还有一种是螺旋形的，除了可以伸缩之外，没有什么差别。（有的人会担心气管能不能承受那么大的压力，实际上这个不需要担心，因为气管内部的应力大致和气管的直径还有气压成正比，而气管的直径大多很小，所以通常问题不大，如果担心，可以询问商家该气管时候可以承受自己需要的压力）



电磁阀

通过电信号（电平的高低）控制阀门的通断，来实现气路的控制。在选购电磁阀的时候会看到一些比较专业的术语，比如两位两通，两位三通，三位五通之类，那么这些是什么意思呢？**位**指的是阀芯的工作位置，阀芯有几个工作位置就是几位阀，**通**指的是阀门的切换通口（包括输入口，输出口，排气口）此外还有常开常闭的区别，常开指的是不通电的情况下阀门是开的，常闭指的是不通电的情况下阀门是闭的。大家在购买电磁阀的时候主要要注意电磁阀是几位几通的，工作电压多少，还有螺纹的大小（与接头配套即可）

路泊仕 旗舰店



精工锻造 品质如一

4V210-08电磁阀系列



接头

包括开关，稳压阀，变径气管接头，多通气管接头，单向阀，节流阀等（购买时需注意气管的大小，螺纹的大小（有单独的一套命名规则，查看宝贝详情即可））



各种各样的气动接口

气缸

比较常用的气动执行器件，响应快，并且种类繁多，并不是像大家印象里的只有直线运动。



普通气缸

无杆气缸



爪型气缸



其他种类的气缸

选择气缸时需要确定的几个参数：

- 1、气缸缸径大小，能提供的力（力矩）（不用太大，直径 16 以下即可，具体可以计算一下所需的推力）
- 2、气缸的行程
- 3、气缸自身的长度（防止安装的过程中出现干涉的问题）
- 4、气缸上安装螺纹的尺寸（螺距并非国标的，螺母一定要配套）
- 5、气缸上接头安装的螺纹大小（买的时候一定要注意，要和接头匹配，不然拖一拖又是三四天）

导轨（因导轨种类繁多，只介绍 robogame 中常用的导轨）

滚珠导轨（该导轨应用非常广泛，某宝上直接搜导轨就可以看到）

该导轨滑块和滑轨之间存在细小的滚珠，可以极大地减小摩擦力。要注意该导轨为标准件，甚至孔距都是标准的，大家在购买的时候只需要报上所买的型号，每根导轨上滑块的种类数量，导轨的长度和其中一个孔到边的距离就可以了，不需要画工图。（此外还要注意导轨的限位）



某款型号的导轨

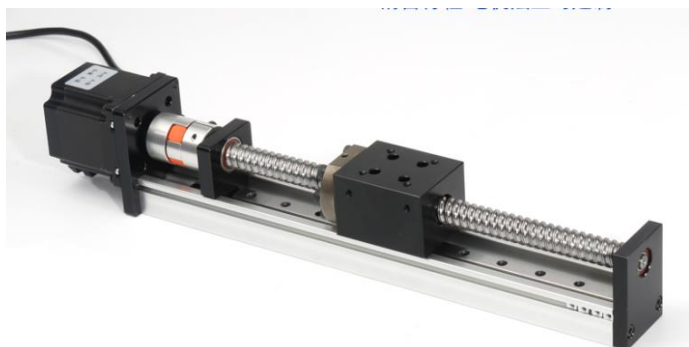
除此以外，还有一些非标的导轨，比如抽屉导轨等，因为使用较少，故此处不做介绍。

除了这种标准的导轨，还有一些由动力源和导轨组合起来的成品器件，以下进行介绍。

丝杆导轨

由螺旋传动装置和导轨组合形成的机构，驱动机构经常使用步进电机或者是伺服电机，可以达到非常高的

精度，如果是普通的螺杆，驱动速度低，驱动力大，有的型号可以实现自锁（即使滑块受到很大的轴向力也无法让丝杆转动，只能由丝杆的转动驱动滑块的直线运动），效率低（通常为 30%~40%）而滚珠丝杆的效率非常高（可达 90%以上），驱动力大，速度相对普通丝杆较高（具体问商家，动力够的话 1m/s 以上应该没有问题），但是由于滚动摩擦远远小于滑动摩擦，故自锁性非常差。



一种滚珠丝杆导轨

同步带导轨

旋转-直线运动形式的转换由同步带实现，速度相对较高，可达 3~4m/s，效率高，驱动力大小视电机而定



某种型号的同步带导轨

需要注意的是，这类带驱动原件的导轨自重一般都比较重，如果考虑讲这种导轨放在机器人上面，一定要注意合理安排其位置，保证重心位置不能太高，同时也不能太偏（如果重心太偏导致四个轮子受力不均，则可能发生打滑）

连接

所谓连接，就是把机器人的各种零件模块组装到一起，比较常用的有螺栓螺母（适用于大载荷的连接）（设计时要注意孔的位置，如果是通孔，要比对应的螺栓大 0.2mm 左右，比如一个通孔要过 M3 的螺丝，那他的直径应该在 3.2 这样。要留出一定的空间安装螺母）（关键部位采用自锁螺母，否则可能车跑着跑着就散架了），此外，其他的常用连接方式有 AB 胶，热熔胶等。（可以用于默写电子模块的连接，防止线松）

机械设计的几大注意事项

1. 注意运动零件之间的干涉
2. 设计出来的机构要能组装上去，设计时要留出安装的余量。
3. 要注意倒角（特别是金属，直角非常容易划伤皮肤）（懒省事的直接在图纸上标注边角倒钝）
4. 设计时要注意质量分布和重心位置，重心位置不能太偏（轮子摩擦力分布不均容易打滑）也不能太高（起码移动过程中不能太高，否则不稳定）
5. 要尽量注意避免重载悬臂梁的存在，如果一定要存在，要考虑加一个肋板避免应力集中的问题。

淘宝采购的几大技巧

大家可能会有这样的疑问，我所设计的东西究竟能不能便宜地在市场上采购到（这个关系到最后的成本），实际上，制造业发展到今天，已有的零件种类（包括一些标准件和非标准件）非常多，因此大家不妨先在淘宝上搜搜看。

比如我要设计一款东西，我希望可以有一个“T”形状的铝材，这个是属于非标准的铝材，那么市场上究竟有没有呢？实际上我们就可以直接在淘宝上搜“T 铝”，或者“T 形铝”或者“丁字铝”

如果我想有一个地方要用到一个头比较短的扳手，那么我可以直接搜索短头扳手。

此外，就是思路要打开，不要仅仅局限于现有的一些制造业用的东西，生活中日常用的产品，比如一些装修用的，家庭用的一些东西，只要合适，就可以拿来为我所用。举个例子，比如我的机器人需要一个斜坡，拿我可以看看比如说滑板、儿童平衡车训练用的斜坡有没有合适的类型，如果上述的东西太大，那么手指滑板的斜坡可不可用，如果单个太小我能不能组合起来？

推冰壶机构思路参考

1. 摩擦轮（可能有冲击），可以采用多级加速（第一组加速到 1.5m/s, 第二组加速到 3m/s）
2. 传送带（摩擦带）（加速过程相对平缓）
3. 斜坡（可以附加一些提供动力的原件，如压缩弹簧等）（加速到 3m/s 理想情况下只要有半米的落差）
4. 弹簧（如何压缩及释放，曲柄摇杆机构？）
5. 跷跷板+推杆（避免运动过程中重心高的问题）
6. 同步带、丝杆导轨（考虑功率，最大速度，以及重心）
7. 气缸（均一性是否好）
8. 齿轮齿条
9. 采用击打的方式（这个我记得是力学的一道题目，一个旋转的杆怎样作用不会对轴产生冲击）（做好缓冲，别把冰壶砸坏了）
10. 剪叉式直线运动机构
11. 曲柄摇杆机构（需要自行设计，对设计要求比较高）



祝大家一切顺利