

# 深圳大学 RobotPilots 战队

## RoboMaster2023 赛季

### 工程机器人开源技术文档

团队成员：袁嘉恒、梁桓杰、周家浩、陈楚斌、廖展霆

#### 一、需求分析

RoboMaster2023 赛季的有关工程机器人的规则有了很大改动，工程机器人需要更加灵活的高自由度矿石夹取机构，来为团队获取经济。并且经济体系的调整与经济使用方式的增加，使工程机器人的取矿能力更加关键。所以我们对工程机器人的战术定位如下：（优先级从高到低排序）

##### 1. 获取规则槽矿

首先要保证能够夹取姿态相对确定的比较容易获取的矿石，保证有矿石获取能力。

##### 2. 兑换高难度矿石

五级难度与四级难度兑换所得经济相差 150，并且矿石数量有限，工程机器人的生存能力相比之前也被大大削弱，所以高难度兑矿也十分重要。

##### 3. 空中接矿

主要为了争夺 250 金币的首金奖励。

##### 4. 拾取地面矿石

应对矿石掉在地上的状况。

##### 5. 夹取姿态不确定的矿石

工程机器人的血量很难在后期去配合队友打战术，更适合继续获取矿石兑换经济，而到后期很大概率就要去取 1, 3, 5 号姿态不确定的矿石。

##### 6. 取障碍块

相比于夹取障碍块去执行战术，保证团队经济更加重要。

#### 二、方案选择

在当前的尺寸限制（立方体）下，平移+旋转的构型比六转轴的机械臂更有优势（机械臂工作空间为球形），前者在设计上更容易实现某些功能（达到极限尺寸），在控制上也更简单，更容易“保底”，机械臂如果想实现同样的功能，就要做一些巧妙限位来尽量避免尺寸浪费。所以我们选择了平移+旋转的坐标型机械臂构型。

设计需求：单个矿石夹取机构，末端重量轻（防止下坠太多，保证刚度），能存矿（换面），兑矿操作简单。

稳定性在 RoboMaster 比赛中非常重要，而单个矿石夹取机构比多机构更简单，出问题概率更低，稳定性相对更高。为保证稳定性，我们决定做单个矿石夹取机构。

在设计末端时，优先考虑了在操作手兑换高难度矿石时，操作更加简单，我们选择了与兑换站位姿一一对应的旋转自由度，即 yaw、pitch、roll，但是我们发现，这样的方案，很难做到兼顾空接和夹取 1, 3, 5 号矿石、拾取地面矿石的功能，按照战术定位优先级，我们在区域赛阶段，我们优先保证了空接功能。但是在取 1、3、5 号矿时会有机构与大资源岛干涉（姿态不确定的槽矿斜面会比平时更低）导致吸盘吸不到矿石，而地面矿石也因设计问题吸盘无法降到相应高度选择了放弃。

在区域赛之后，我们对现有机构进行了改进，在 yaw 与 pitch 之间增加一“大 roll 轴”，在保证原有功能的基础上，解决了区域赛方案出现的问题。即新（国赛）方案为：yaw、roll、

pitch、roll。

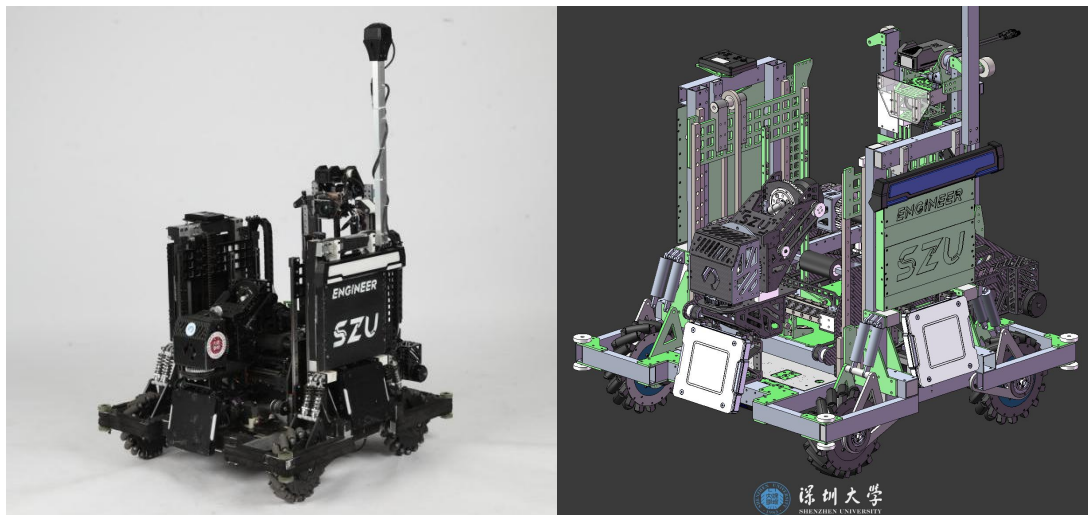
新方案可以实现在执行不同功能时,使用的是末端不同的自由度,大大降低了控制难度。兑换矿石时,与区域赛方案一样,使用到的是 yaw、pitch、小 roll;夹取 1、3、5 号矿石时用到的是大 roll、pitch。对电控和操作手都很友好。

国赛方案: 4R3P

4R	轴 1	yaw
	轴 2	roll
	轴 3	pitch
	轴 4	roll
3P	x	一倍行程
	y	小行程
	z	二倍行程

为保证兑矿与开车时有良好的视野,采用了抬升图传的方案。

### 三、整车介绍



国赛定妆照及三维模型图

#### 1. 基本参数

初始尺寸 (实测)	595*595*590mm	
最大前伸及空接高度 (实测)	1095*980mm	
重量 (实测)	32.85kg	
各旋转自由度范围 (不考虑自身影响)	小 roll	$\infty$
	pitch	$[-90^\circ, 45^\circ]$
	大 roll	$[-45^\circ, 225^\circ]$
	yaw	$[-90^\circ, 180^\circ]$

#### 2. 功能

取槽矿	吸顶/R 面 $\checkmark$
兑矿	视觉自动控制 $\checkmark$
空接	$\checkmark$
地面矿石	$\checkmark$

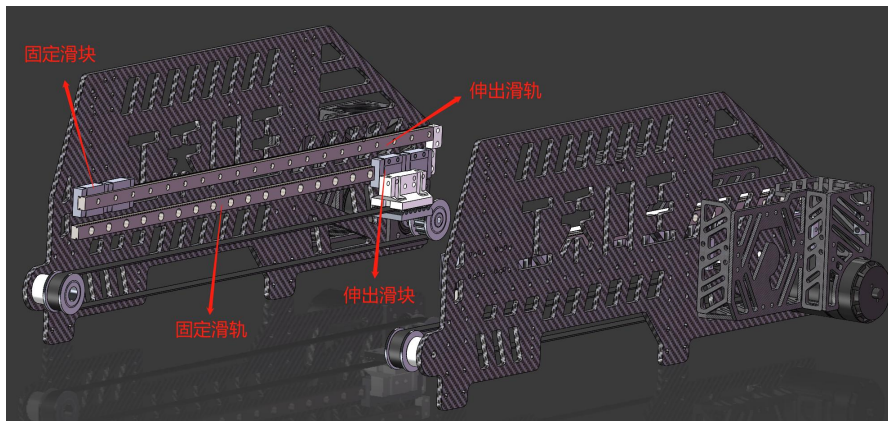
不规则槽矿	√
矿石换面	√
取障碍块	夹取较短时间

#### 四、机构设计

##### 1. 前伸横移机构

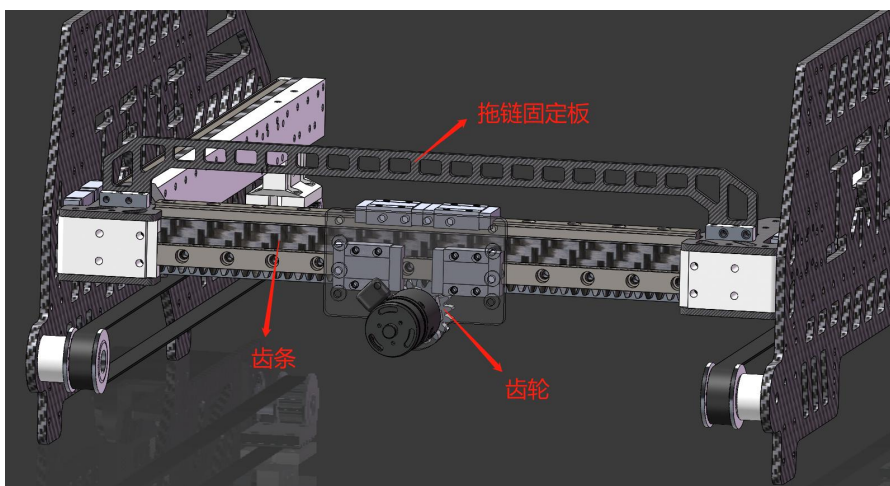
直线运动机构大致分三种类型：电机固定在机构运动起始端或终止端，通过同步带或链条带动机构运动；电机固定在运动终止端，通过齿轮带动齿条进行直线运动；齿条固定，电机固定在运动机构上，通过齿轮与齿条的啮合，带动机构运动。简单分析几种方案，前两种电机都不随机构运动，更容易走线，第一种电机位置可根据重心选择，第二种则只能在一端，使用同步带需要考虑张紧，并且同步轮处会有行程浪费，齿轮齿条机构则几乎没有行程浪费；第三种相对于第二种的布线会复杂一点点。

根据需求，考虑上层机构重心，前伸机构选择第一种类型；为保证前伸机构刚度，在每侧使用两根滑轨（共四根），每根滑轨上两个滑块；将其中一根滑轨布置在伸出机构上，随机构一同伸出，以增加伸出机构的刚度。



前伸机构

横移机构因为整车方案与空间限制，需要保证行程两端都能达到极限位置，所以选择第三种方案，横移机构同样使用了二根滑轨，四个滑块。

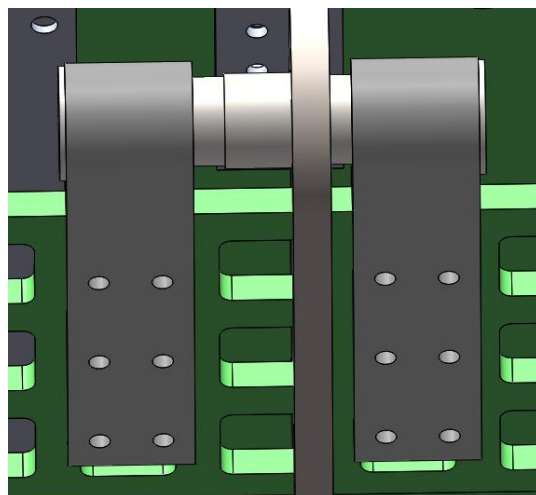


横移机构

滑轨可以侧向直接安装在一块板料上，以节省空间，但这种两根滑轨的布置方式，平行度很难保证，安装时需要微调（拧松再拧紧）。

## 2. 抬升机构

采用链条链轮与滑轨滑块配合，采用倍抬升的结构。滑轨是选用 MGN12R 的型号，每根滑轨配套两个 MGN12C 的滑块，防止下坠。链轮与 3508 电机是采用涨紧套进行连接，对于从动链轮的固定，是采用以 POM 板为材料的零件做从动链轮两边的支架，配合推力球轴承和法兰轴承做的一个简单的转动结构。



从动链轮固定

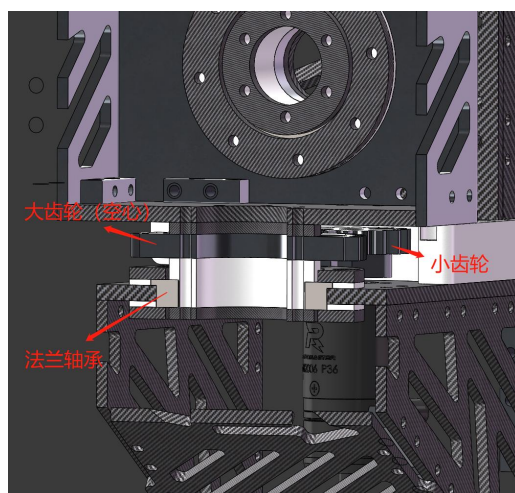
## 3. 轮组

借鉴了开源的内嵌 3508 电机麦轮轮组，避震的弹簧选型是线径 2.5mm，长度 50mm，外径 20mm。

## 4. 末端大轴

即 yaw 轴与大 roll 轴，这两个轴采用了类似的设计，都为 2006 电机+一级齿轮传动（减速比约为 3），空心齿轮轴为了更好的走线（不用 6020 等云台电机是因为电机太重，体积太大）。为节省空间，使用的都是薄壁深沟球轴承，实测强度足够，但会有微小虚位，电机都安装在转轴的静止处以降低走线难度。

yaw 轴轴线与横移机构之间的距离要大于 100mm，以避免矿石 yaw 轴转 90 度时矿石与自身机构干涉。

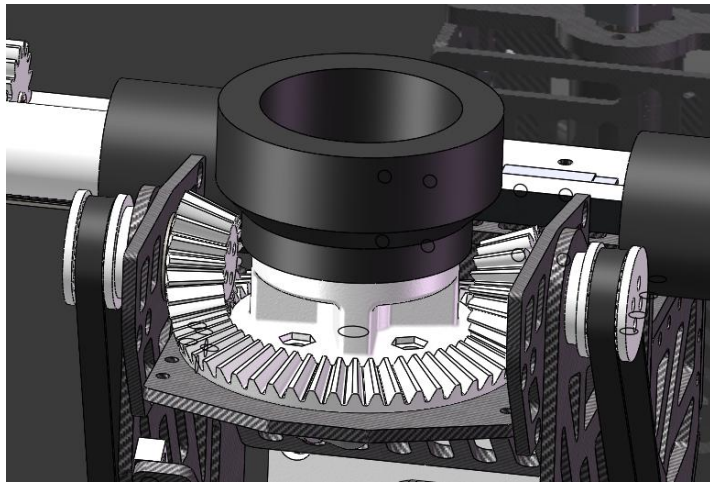


yaw 轴轴系

## 5. 末端差速器

差动机构有着非常明显的优点：两个电机同向旋转可以控制 pitch 轴旋转，反向旋转控制 roll 轴旋转，两个自由度通过两个电机之间的配合（都为同时施力）来实现，在同样的力矩需求下，可以选用力矩较小的电机，以减小整个机构的重量。

差速器机构需要考虑的最主要问题是如何减小尺寸浪费，即如何减小吸盘端面与 pitch 轴轴线的距离，吸盘选型决定了大锥齿轮的大小，锥齿轮最外圈直径 80 基本就已经是最极限的状态了，同时还要确保吸盘不能与两侧小锥齿轮干涉。打印件强度有限，锥齿轮选用 1.5 模，同步带传动部分，要保证同步轮足够小，不与矿石干涉，齿形选择 3M，这样就会导致同步带需要非常紧才不会跳齿，在设计时就需要注意能够买的同步带长度（了解同步带长度计算公式），可以计算出长度刚好的同步带后适当增加中心距（1mm），就避免了额外的张紧机构，装配时如果发现同步带太松，有几种挽救方式：买齿数少 1 的同步带；增加一个同步轮的齿数；用现有孔位设计张紧机构；微调中心距（重新切板）。微调不宜调太多，太紧会导致同步带装不上。



末端执行机构

## 6. 吸盘与气路

吸盘选型为直径 63 的双层风琴吸盘；气泵为流量 35L/min 的有刷气泵（有坏家伙，国赛烧的就是它）。

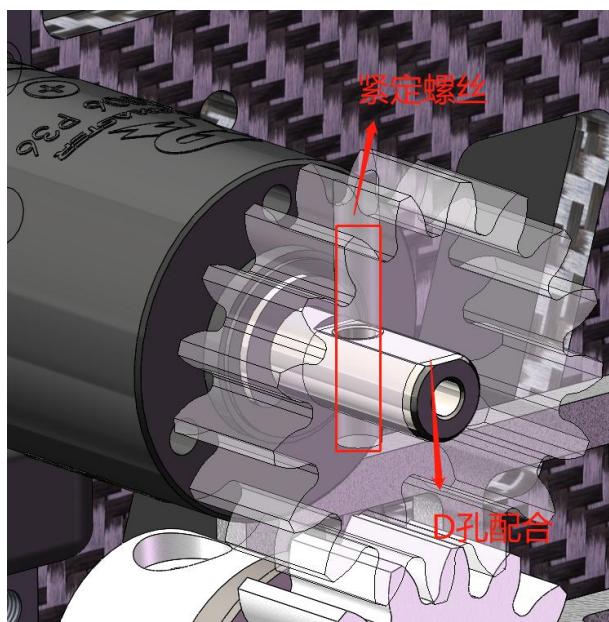
与吸盘连接的每一处都要装一个密封圈，这样才能保证气密性，才会有比较好的空接性能，如果觉得不保险，还可以用热熔胶涂一涂缝隙。

在末端小 roll 轴处，使用的旋转接头（弯头），体积小，可以 360 度旋转，在每个关节处都从空心齿轮轴中穿过，气管为外径 4mm 气管，用比较细的气管好处是，响应快，吸盘被堵住时可以很快将气管中的气体抽出，迅速吸住矿石。

## 7. 换面机构

换面摩擦轮为打印件上粘海绵胶带自制，可以根据效果来调整缠绕圈数。

打印齿轮与 2006 电机轴的直接连接（仅强度要求不高处）：D 型孔与紧定螺丝（穿过电机轴）配和，具体尺寸可以看图纸，安装紧定螺丝时要非常小心，很容易滑丝。

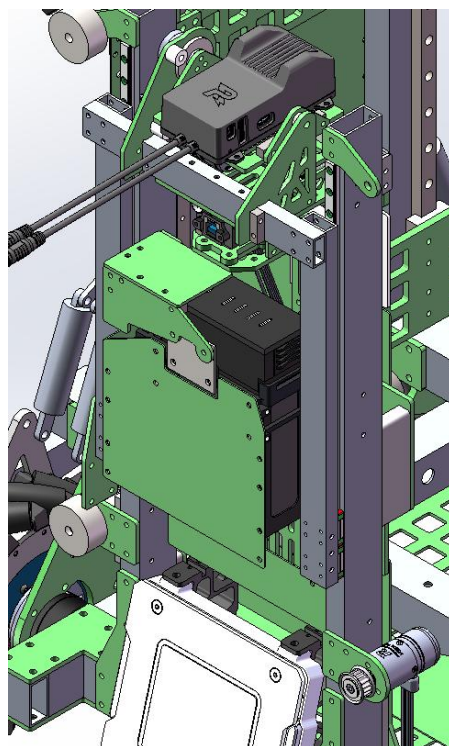


打印齿轮与电机轴配合

## 8. 云台

需求：少用摄像头，不用小电视，能满足视觉解算，图传视野好，看的全。

图传具有两个自由度，可以抬升和  $\text{pitch}$  轴转动，摄像头具有一个抬升自由度。摄像头能够满足视觉解算，图传可以提供给操作手更广阔的视野。两根铝方中间的空余位置可以放置小电脑和电池，方便摄像头的接线。抬升使用同步轮同步带配合滑轨滑块， $\text{pitch}$  轴使用齿轮传动。分区赛版本的摄像头和图传也是两个自由度，一个  $\text{pitch}$  轴和  $\text{yaw}$  轴，但是对于视觉解算来说，这两个轴对于解算结果有一定的误差，会导致不是很精确。所以国赛版本就改成了摄像头只抬升。



云台斜后轴测图

## 五、致谢（排名不分先后）

感谢华南理工大学华南虎战队、哈尔滨工业大学（深圳）南工骁鹰战队、西安交通大学笃行战队、南京航空航天大学长空御风战队提供的帮助！