



RM 2020 直播间

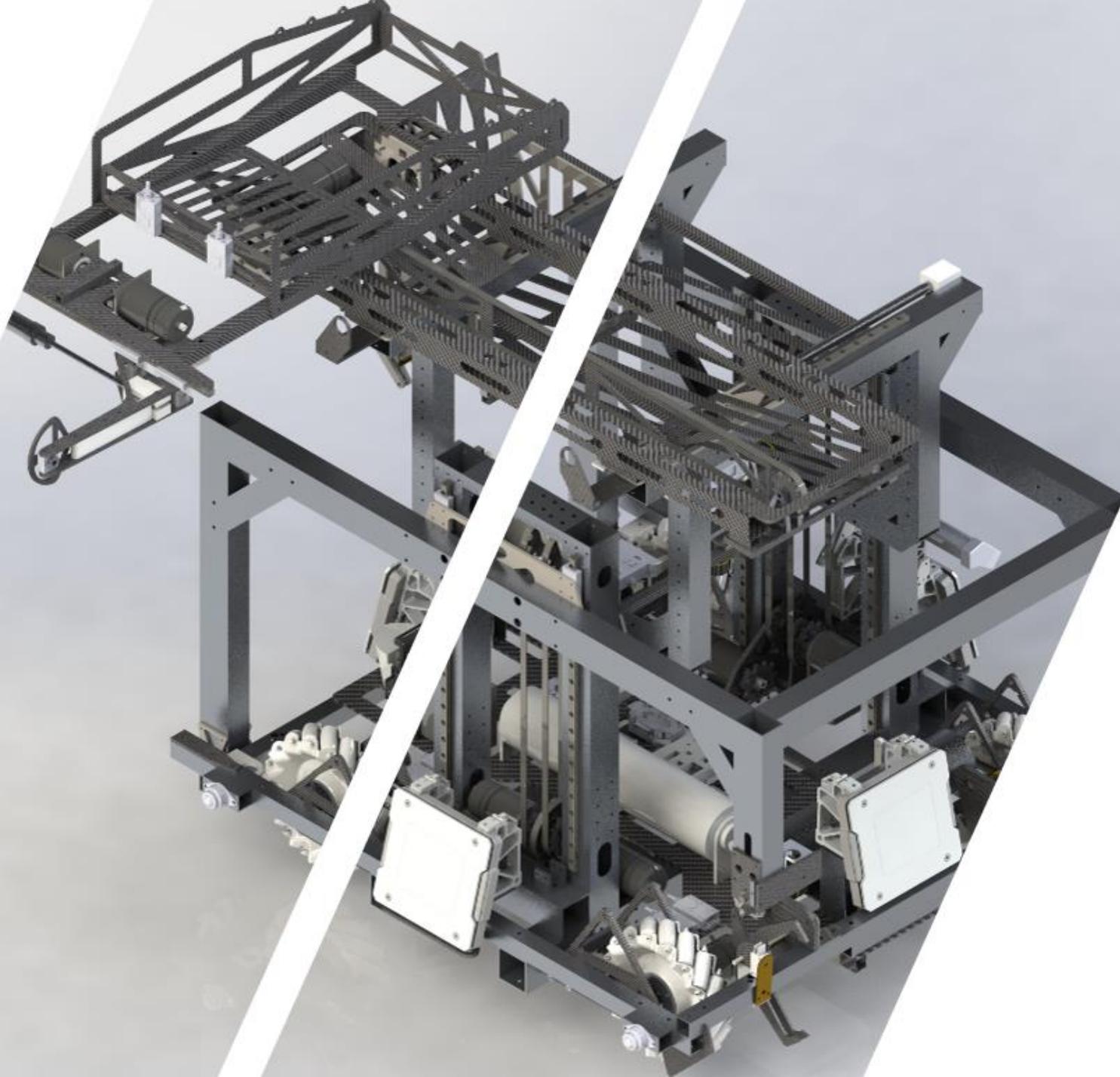


第18期 工程机器人的结构与研发管理——以2019交龙工程为例

主讲人：张汇华

直播时间：20:30-21:30

**RoboMaster 组委会
2020.4.13**

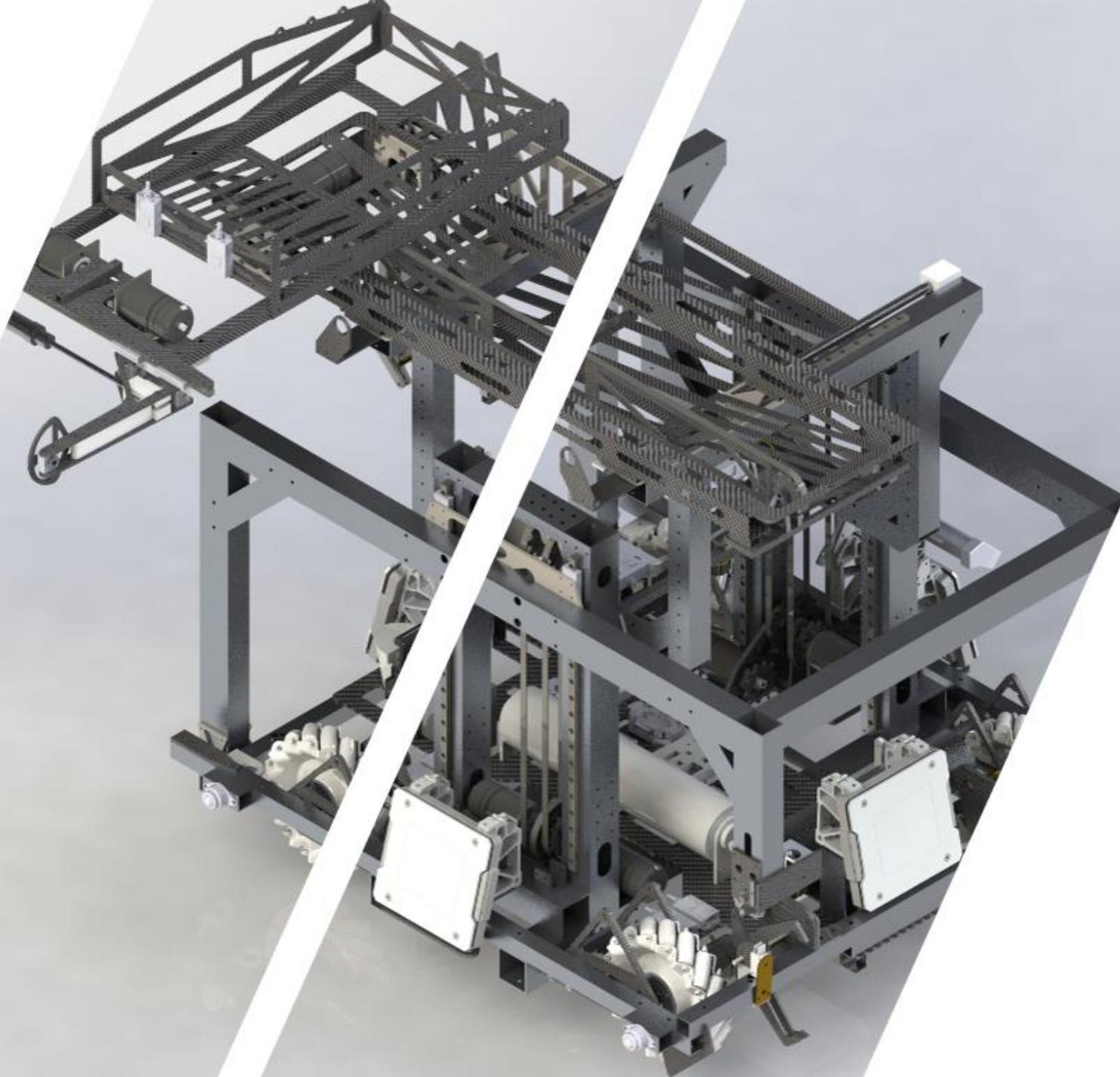


直播导览

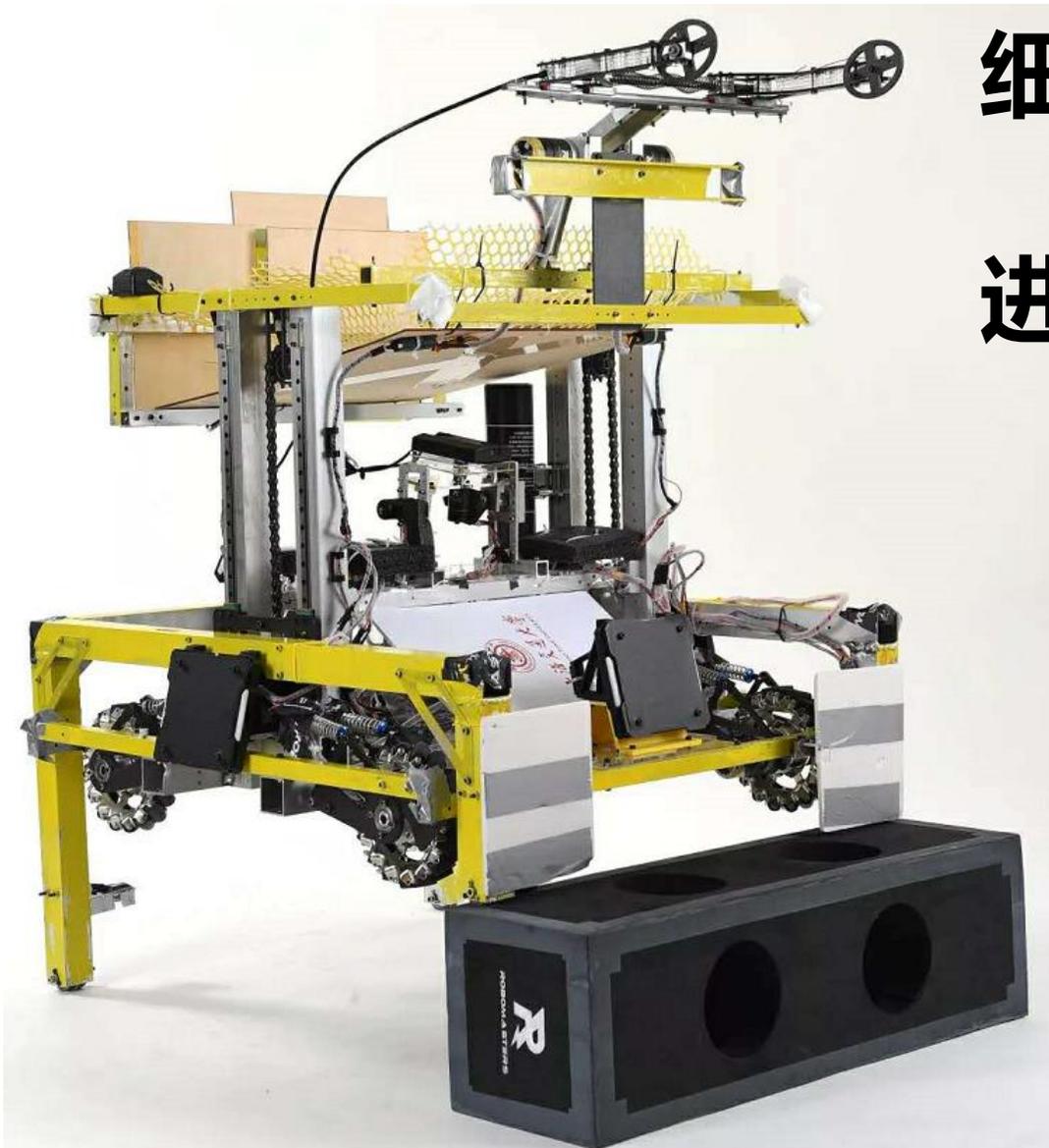
- 一 机器人概述
- 二 初期研发与方案确定
- 三 机械技术分析
- 四 总结与展望

01

机器人概述

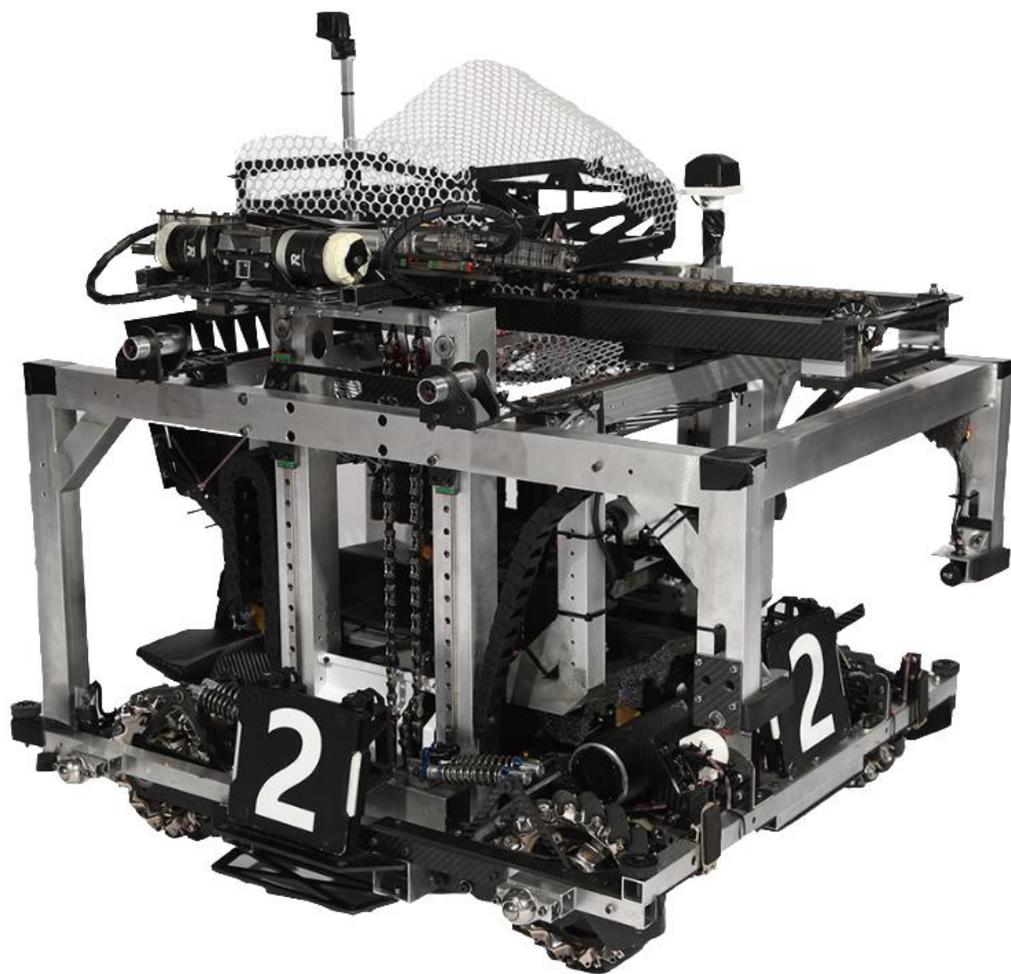


什么决定工程机器人的性能高低？



细节!

进度!



性能概述：以取弹为核心功能

- 开局8秒：取完首箱
- 开局15秒：取完五箱
- 单局取箱数最高纪录：14箱
- 局均取箱数最高：9箱
- 上下岛时间：各5秒
- 救援效率：一分钟救援3台

MVP



上海交通大学
交龙



2

工程

首箱时间	8s
取箱数	8
救援数	3

操作手

杨之远



研发代表

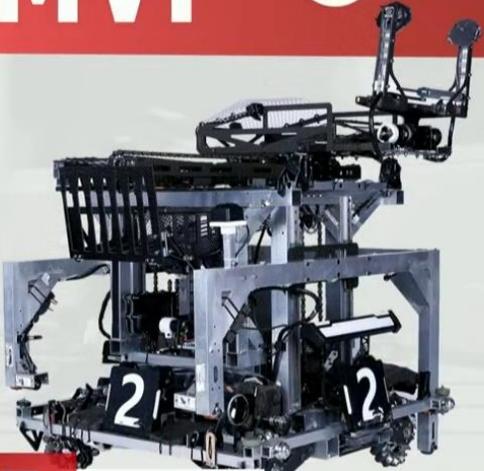
卢勇来



MVP



上海交通大学
交龙



2

工程

取箱数	14
首箱时间	18s
救援数	2

操作手

邢译丹



研发代表

张汇华



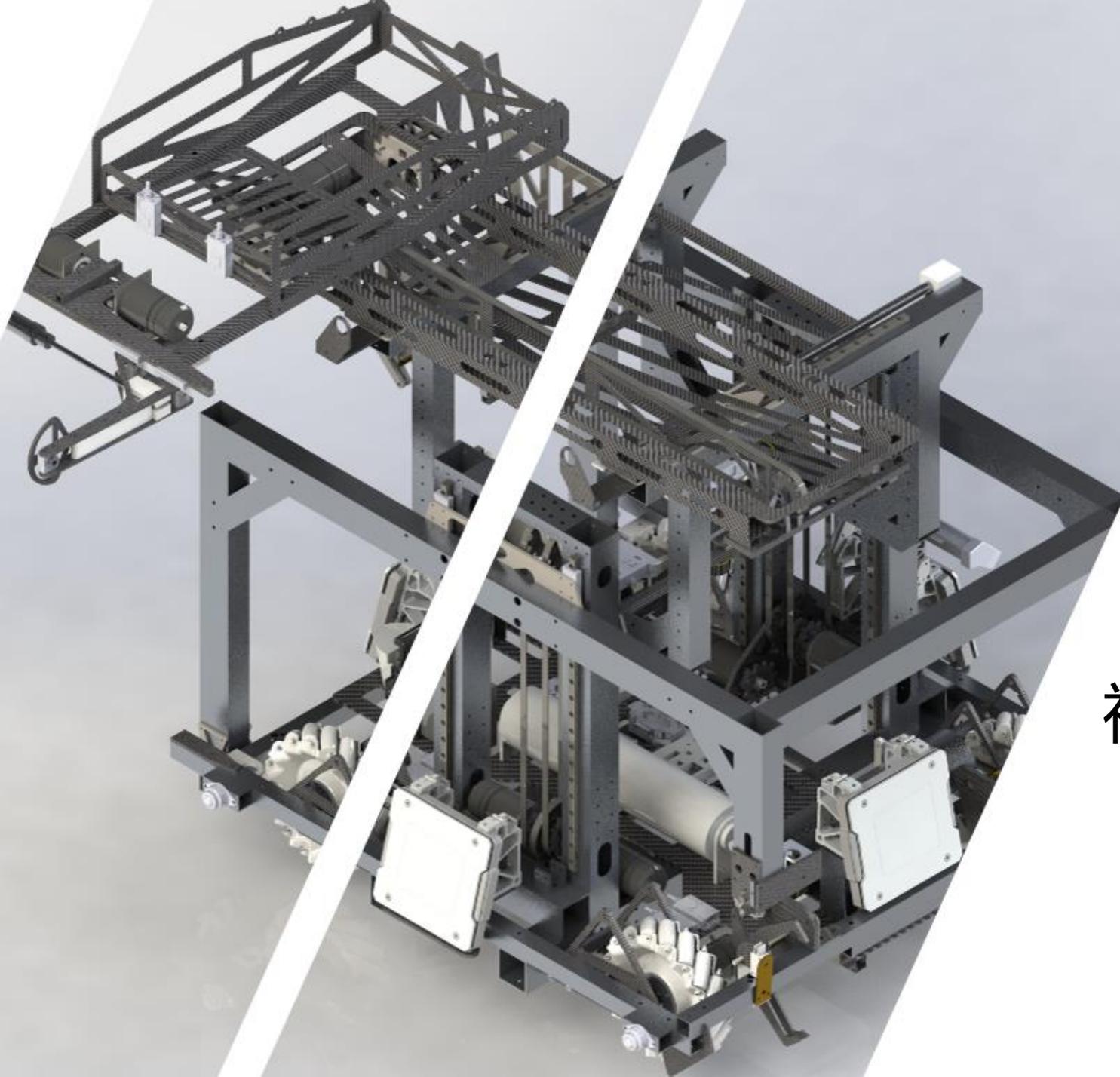
年度进程表



时间	进度
12月上旬-1月中旬	实现取弹功能
1月中下旬	完成整体设计
2月中旬	交付加工
2月下旬-3月上旬	整车组装, 设计救援、云台、弹仓与大量细节问题
3月中旬-4月上旬	电控调试, 热身赛
4月中旬-地区赛	电控改组, 操作手训练, 解决 BUG
6月上中旬	完成新版设计
6月下旬	整车组装
7月上旬	电控调试
7月中下旬	操作手训练, 暴力测试, 解决 BUG

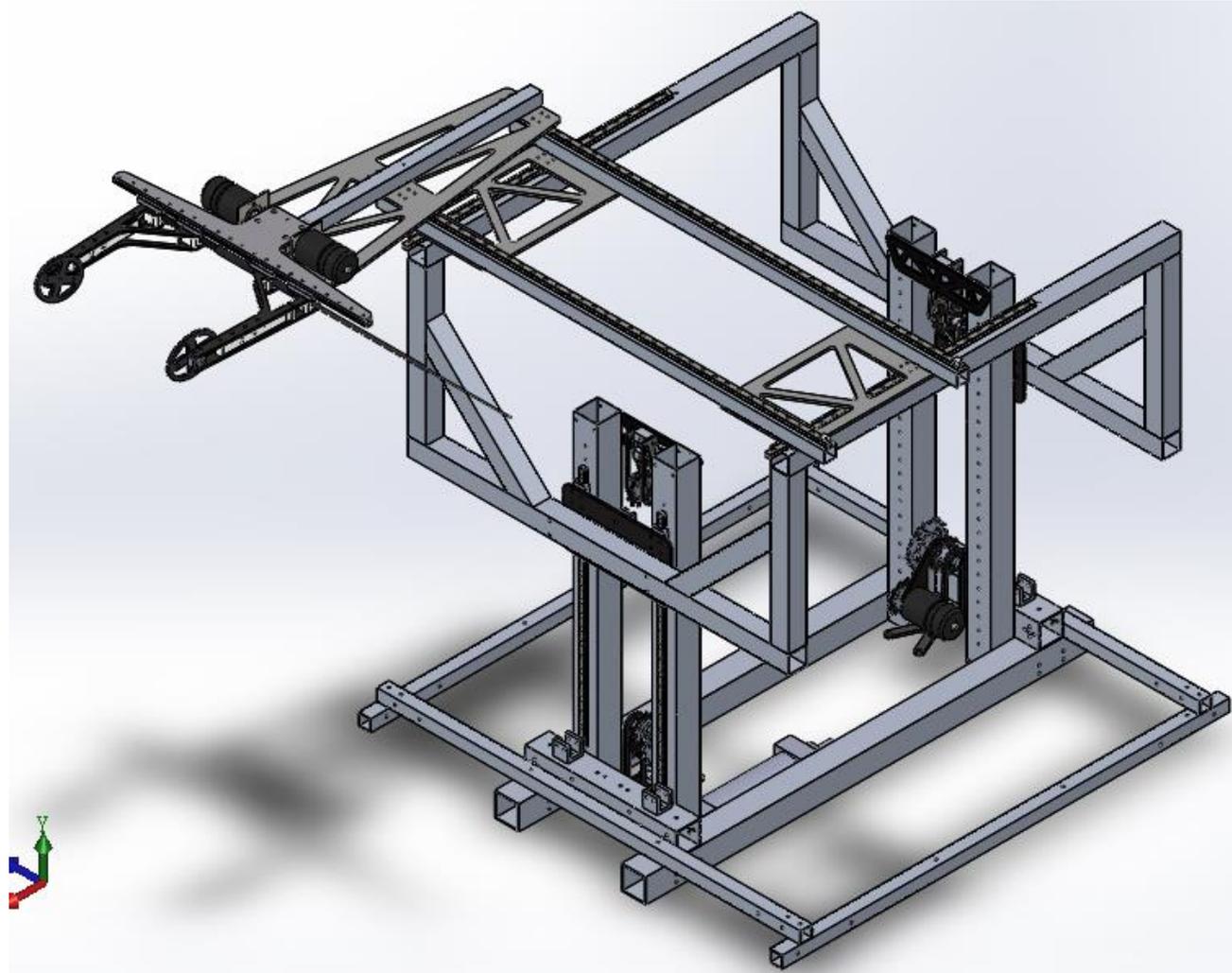
02

初期研发与方案确定



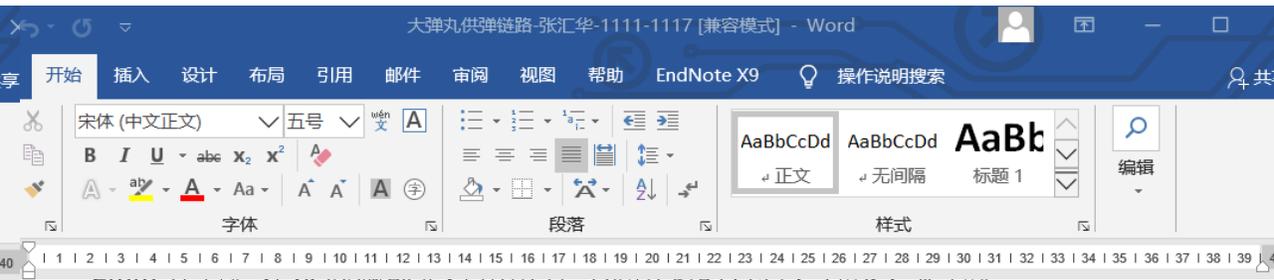
雏形：取弹机构的研发

- 往届已有技术：取弹爪、升降机构
- 项目时长：12.2-1.20
- 成员：1个负责人，4个机械，2个电控
- 项目目标：
 - 20秒取岛下**五盒**弹药箱
 - 15秒取岛上三盒弹药箱
 - 取40盒弹药箱不失误一次
 - 取岛下**漏弹率**为0%，取岛上漏弹率小于10%
 - 试试斜着（约10度）取，不靠近墙壁也能取



取弹机构构思图

头脑风暴：比赛视频是创意的源泉



- 工程取弹 1: 机械爪最好安在车的侧面。因为在资源岛第一次升起时，三个弹药箱隔得远，需要迅速移动并抵达。↵
- 工程取弹 2: 希望能够车体不动，夹爪能横向移动取三盒，纵向移动取两排。横向移动取三盒是因为第二次升起时三盒为一个单位连在一起，这样效率最高。2018 赛季夹爪能横向移动、同时取两盒弹药的队伍有华工、北工、山科。横向移动方式有气动、电动。但令人百思不得其解的是，山科分区赛能取三盒，全国赛改成了两盒，难道三盒有什么明显技术难题？↵
- 工程救援: 建议用机械爪抓紧。救援功能好的队伍有矿大、电科。矿大、华工都是气动钩子，效果还不错。电科用的是机械爪夹取，而非钩子。它在救援时，两车几乎固连，而其他车是有相对扭动的，这可能是电科救援的效果极好的原因。↵
- 飞机: 弹仓分离，可考虑哨兵的供弹链路↵
- 英雄总体方案: 建议将步兵云台完整地装在顶部中央位置。装甲板改到下面，是个很大的问题。这意味着要么云台加很高，要么车前后尺寸很小，要么放弃贴脸打装甲板，或者兼而有之。云台加高或尺寸变小，都意味着重心上升。因此，在能设计出好方案的前提下，还是应该尝试下供弹。↵

- 工程取弹: ↵
 - 1.建议取弹流程: 抬升取弹机构，气缸向前伸出翻转出爪子，夹取，不缩回直接向后翻转（参考矿大），子弹不断滚入弹仓的同时爪子横向缓慢移动到下一个箱子（参考交大英雄），爪子向前翻转同时扔出弹药箱（参考哈工）夹取，重复动作。↵
 - 2.优势: 不用纵向回缩即可取三个，速度快。↵
 - 3.可行性: ↵
 - (1) 伸着爪子横向缓慢移动的可行性: 矿大曾伸着爪子全车横向移动。↵
 - (2) 为不伤到纵向伸缩机构，向后翻转和横向移动都不能太快，因此建议用电动而非气动。↵
 - 4.存在问题: ↵
 - (1) 向前翻转并扔出弹药箱这一步，翻转要求比较快，不知是否会伤到伸缩机构↵
 - (2) 考虑是否要严格遵守: 爪子不能跨过资源岛中线的规则，或者其实可以跨过一点? ↵
- 英雄装甲板位置: 若自瞄全靠灯条间距识别装甲板，能否缩小装甲板间距，使同一装甲板与不同装甲板之间的灯条距离相同，从而干扰识别（参考哈工）。↵

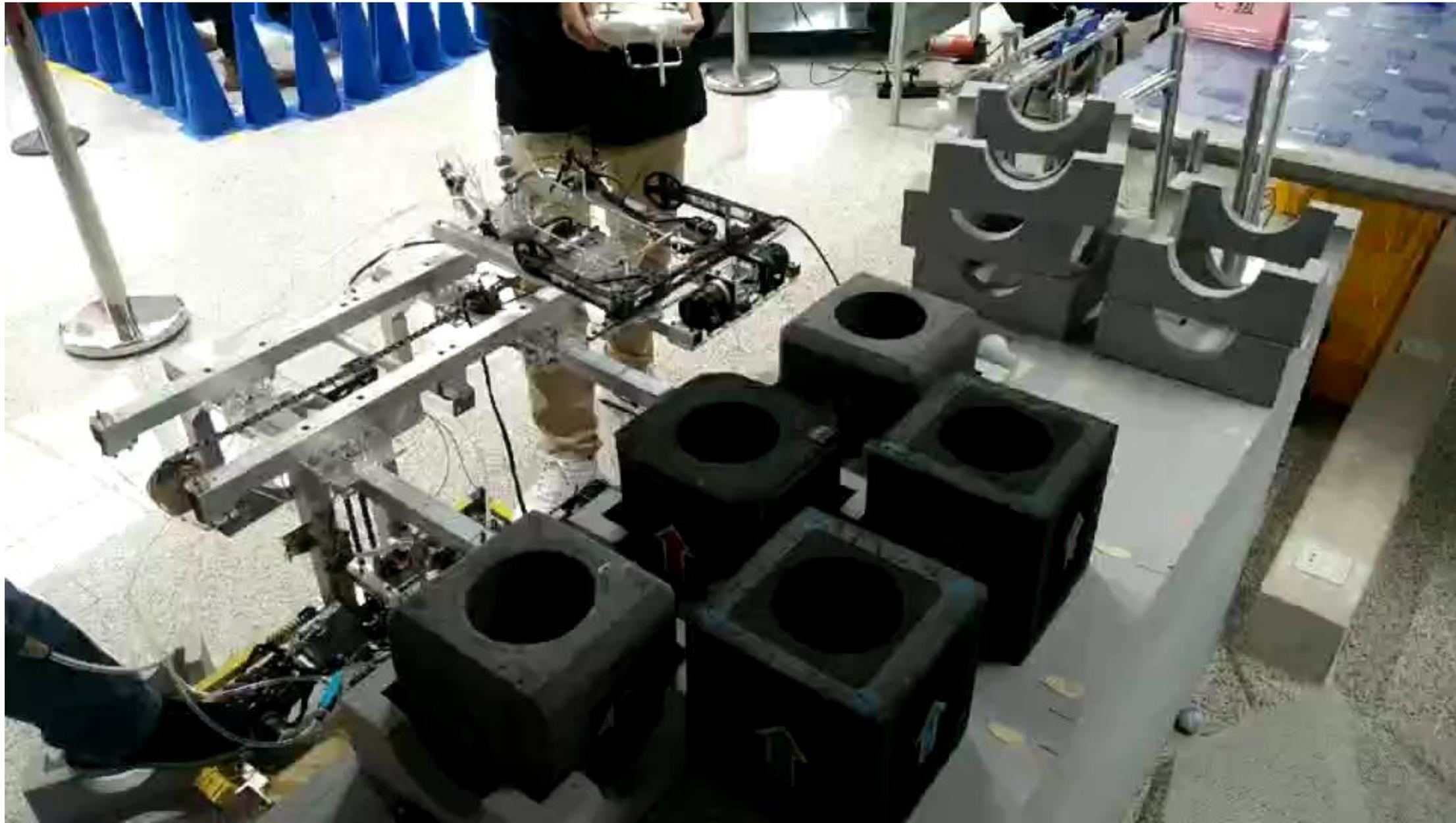
切实可行的项目计划



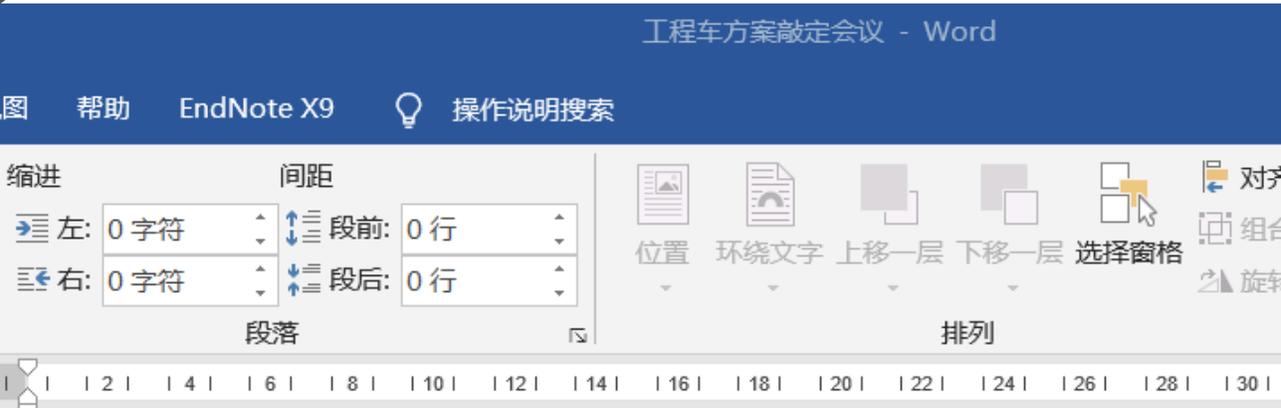
	A	B	C	D	E	F
1		第一阶段		第二阶段		
2		12.3-12.6	12.7	12.7-12.9	12.9	12.10.
3	主要工作	1.掌握SW车架设计与仿真优化。了解车架加工与焊接外包流程。2.购买16*200与10*100气缸。3.掌握设计链轮传动模型。4.买小轴承，掌握设计滑套。5.购买铰链，掌握扔箱机构设计。6.电控练习上岛程序、选择传感器。7.买亚克力胶、买角架、买2006电机联轴器。8.思考设计难题。9.掌握设计纵移刹车线传动配套机构。	1.完成车架基本仿真与框架设计，模块化分离。2.晚8:30开会。	1.车架仿真优化设计（刚度、强度、重量）。2.接通电路气路并进行气动测试。3.链轮与传动方案设计、选型。4.设计无间隙滑套。5.设计扔箱机构。6.电控练习传感器使用。7.设计限位轴系，测试铣床加工可行性。8.设计刹车线传动机构。9.为传感器预留孔位。10.电控实现气动夹取、向前扔弹药箱。11.考虑如何使子弹落入弹仓。	1.车架、铝管交付商家加工。2.买碳管。3.买链轮与附件。4.买滑块滑轨。5.电机联轴器加工件送加工。6.布置资源岛弹药箱。7.买蜂巢型的网。	1.利用铝管制造并搭建亚克力板实验件（测试横移、纵移、翻转、夹取、扔箱）。2.制作无间隙的滑套。3.制作纵移刹车线传动机构。4.电控完成一套执行程序。5.测试。
4	人员分配	张汇华：2.7.8 戴广民：1 董仕豪：3 卢勇来：4 于景瑶：5.9 王云浩、尹子源：6	张汇华：1 戴广民：1	张汇华：9.11 戴广民：1 董仕豪：2.3.7 卢勇来：4 于景瑶：5.8 王云浩、尹子源：6.10	张汇华：6.7 戴广民：1 董仕豪：3.5 卢勇来：4.6 于景瑶：2	张汇华：1.5 戴广民：1.5 董仕豪：1 卢勇来：2.5 于景瑶：3 王云浩、尹子源：4.5
	预期目标	1.掌握相关知识。2.物资提前购买	完成方向性决策，敲定车架方案、车体尺寸、取弹逻辑、传动方式、空间布局、传感器选型	1.出初版完整模型。2.完成实验版完整模型（测试横移、纵移、翻转、夹取）。3.车架设计为焊接预留固定孔位	1.加工周期达一周的零件需要顺丰加急。2.碳管与商家说，必须能够互相嵌套。	1.完成搭建实验件。2.顺利完成横移、纵移、翻转、夹取、扔箱。3.运动协调顺畅。4.感受不到滑套间隙。

取弹项目计划 (节选)

项目测试视频



上岛方案的确定：科学分析队内已有的技术



原上岛机构

存在的机械问题：车架撞击已解决，联轴器能解决，不需要加减速比

存在的电控问题：传感器多，上岛逻辑复杂

速度上限：左右晃对准不是问题 上限由上岛电机性能决定 8s

电动的优点、缺点：两条链传动干涉

气动的优点、缺点（如结构、同步）：同步有问题

←

先做一版电动

←

新上岛机构

优点：节省空间、省时间

面临的机械问题：破坏场地，链节定制，防撞

面临的电控问题：传感器六减到二/三，

研发完整方案所需时间：一个月

救援机构

电动/气动/钩子/机械爪

←

尽量机械爪

←

弹仓

云台：2006

取弹装激光

←

工程车进度安排

敲定细节方案：1.22

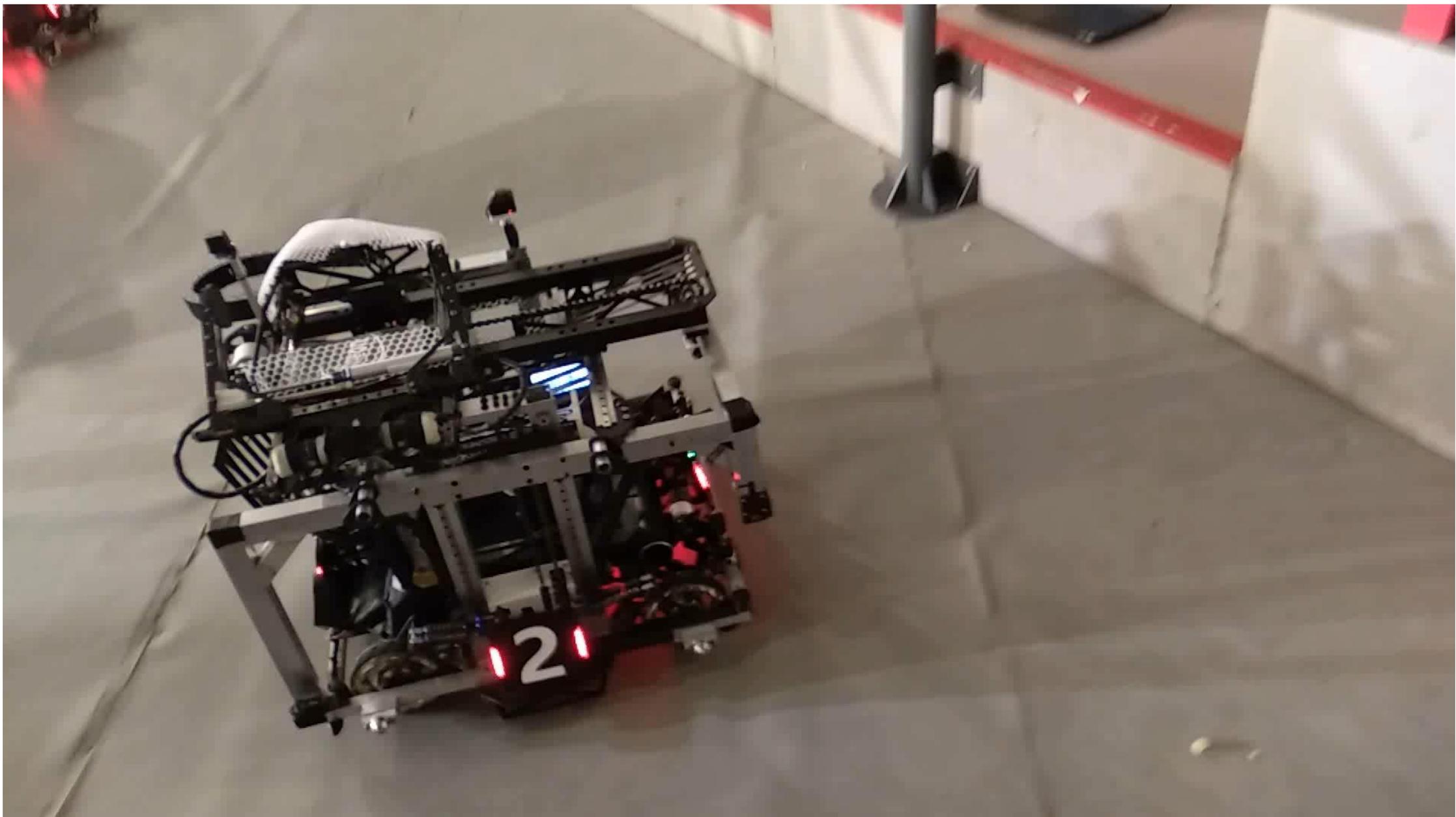
出模型：1.27

送加工：3.1

机械出整车：？

电控调出一版能用的：←

“边取边供”战术的提出



上岛方案的竞品分析

上岛方案	抱柱	月球车	伸缩腿	升降架
上岛速度	10 秒	6-8 秒	14 秒	10 秒
极限上岛速度	8 秒	4-5 秒	10 秒	5 秒
极限下岛速度	8 秒	2 秒	5 秒	5 秒
稳定性	差	中	好	好
技术积淀	无	无	无	有



需求分析：分清主次

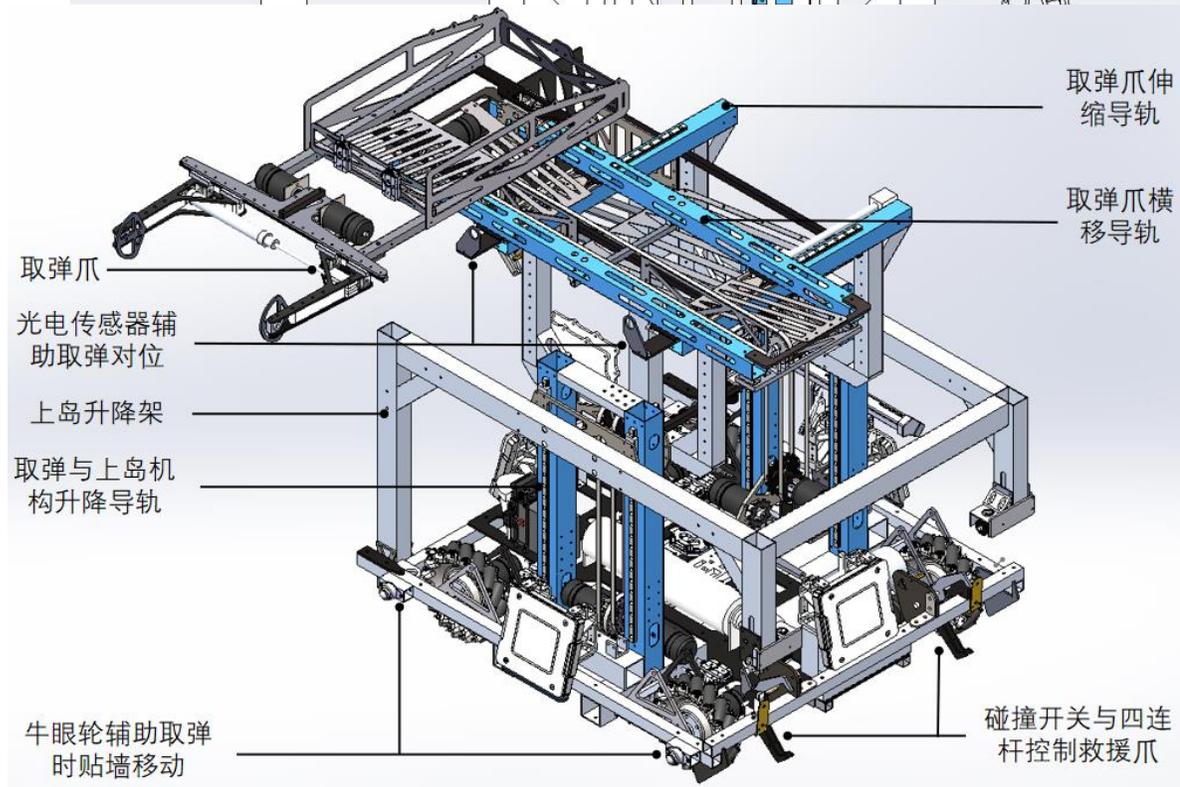
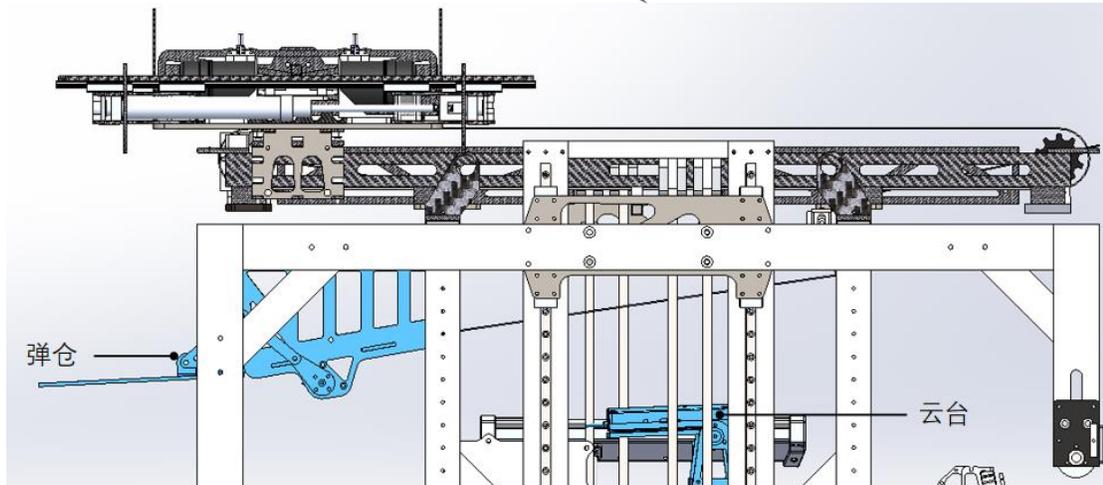
你创造的不是简单的参赛机器人，而是一款人机结合的综合产品

需求重要性排序：

地区赛：取弹 >> 救援 ≈ 上岛 >> 下岛

国赛：取弹 > 上岛 > 救援 >> 下岛

(机械不翻车，电控不断线是永恒的隐形需求)

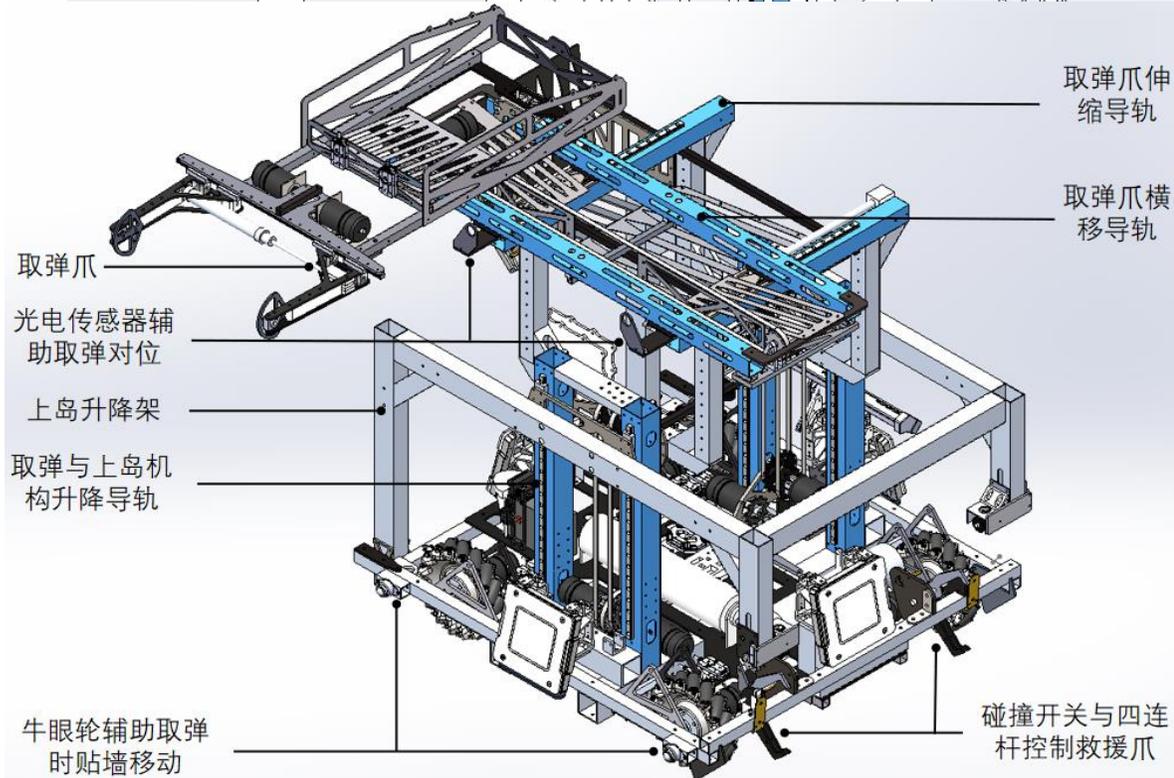
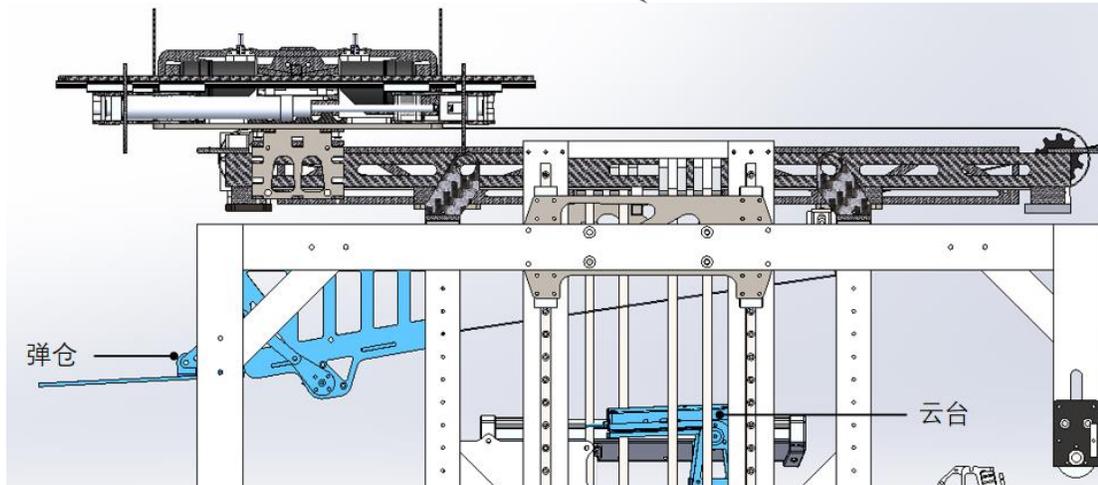


机构布置图

需求分析：精确的需求分析是成功的一半

任务	需求分析	结构设计
取弹	岛下五盒，岛上三盒	取弹爪横向移动取三列，纵向取两排
	岛上取弹时，快速贴墙移动	取弹爪装于侧面 ¹
	岛下取弹后，顺势上岛	取弹爪装于右侧 ²
	取弹时车身不晃动	悬挂与结构刚度大
上岛	上岛迅速稳定	采用升降架上岛方案
	上岛速度优先于下岛	上岛时正面向前
	上岛逼近理论极限速度	在前后轮之间增加一对支轮
供弹	尽快供弹	边取边供
	英雄不阻挡工程上岛	弹仓向后打开
救援	救援爪迅速钩住阵亡机器人	碰撞开关+机械爪
	外部大冲击不伤电机	采用四连杆机构
操作	操作手能观察下岛，救援，弹仓弹量的状态	图传固定于两轴云台上，位于中心靠前

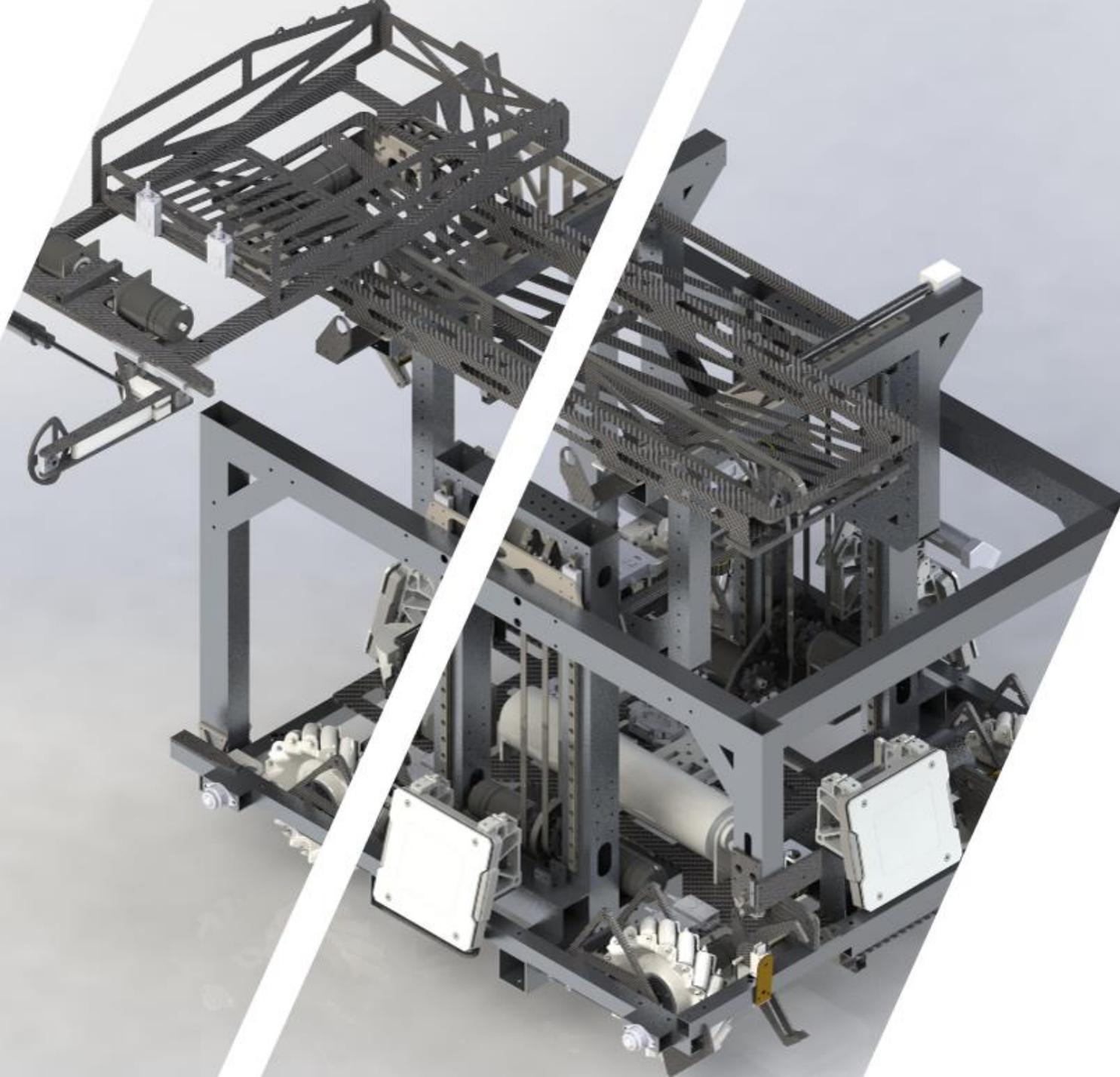
需求分析表



机构布置图

03

机械技术分析



气动系统

➤ 气瓶：加恒压阀



找同款

找相似

¥470.80 包邮

0人付款

高压气瓶潜水供氧恒压气瓶阀门B套装高压
铝瓶防爆 黑色03



找同款

找相似

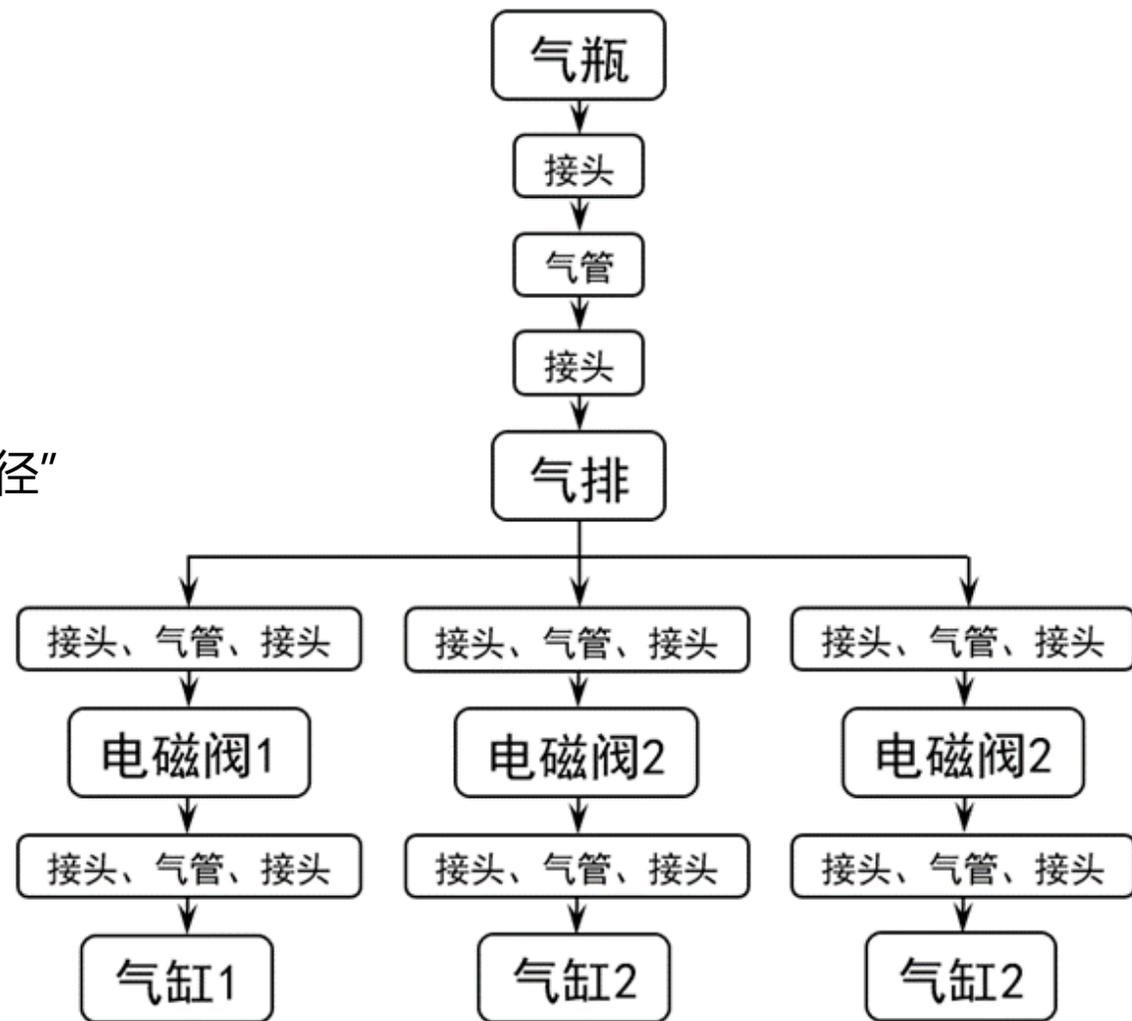
¥285.00 包邮

0人付款

精品恒压迷你二氧化碳气表 迷你气瓶二氧
化碳减压阀

气动系统

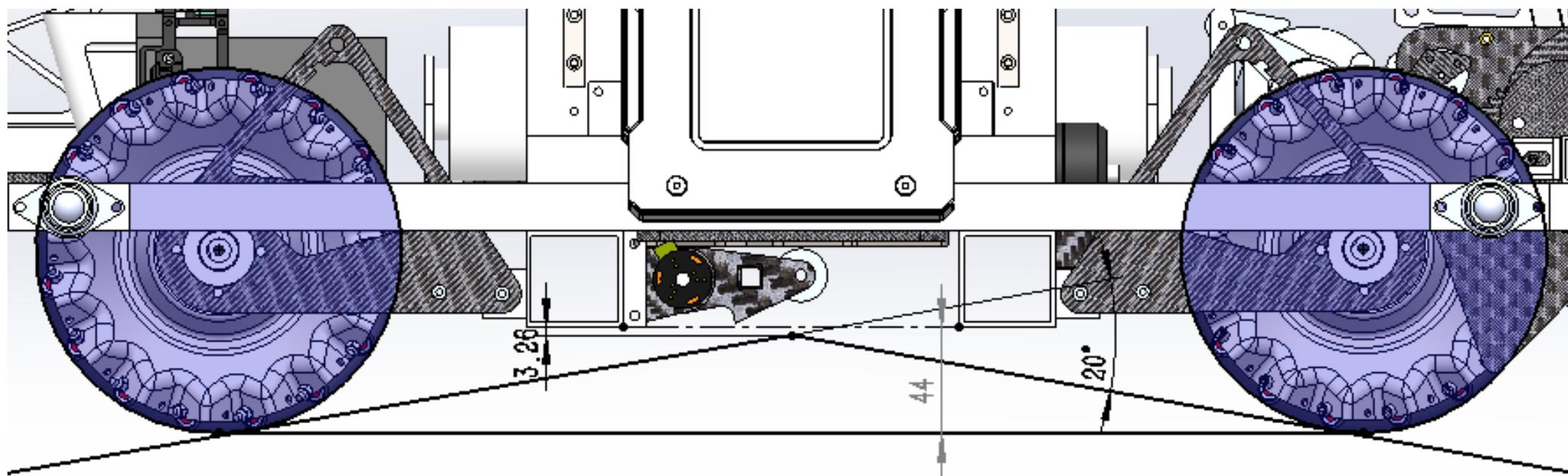
- 气瓶：加恒压阀
- 二级气室：无成品
- 气管：4-6
- 接头：快插or快拧，型号命名方式为“螺纹规格+气管外径”
- 螺纹规格：M5, G1/4
- 气缸：缸径 (10,16,20) , 行程



气动元件连接示意图

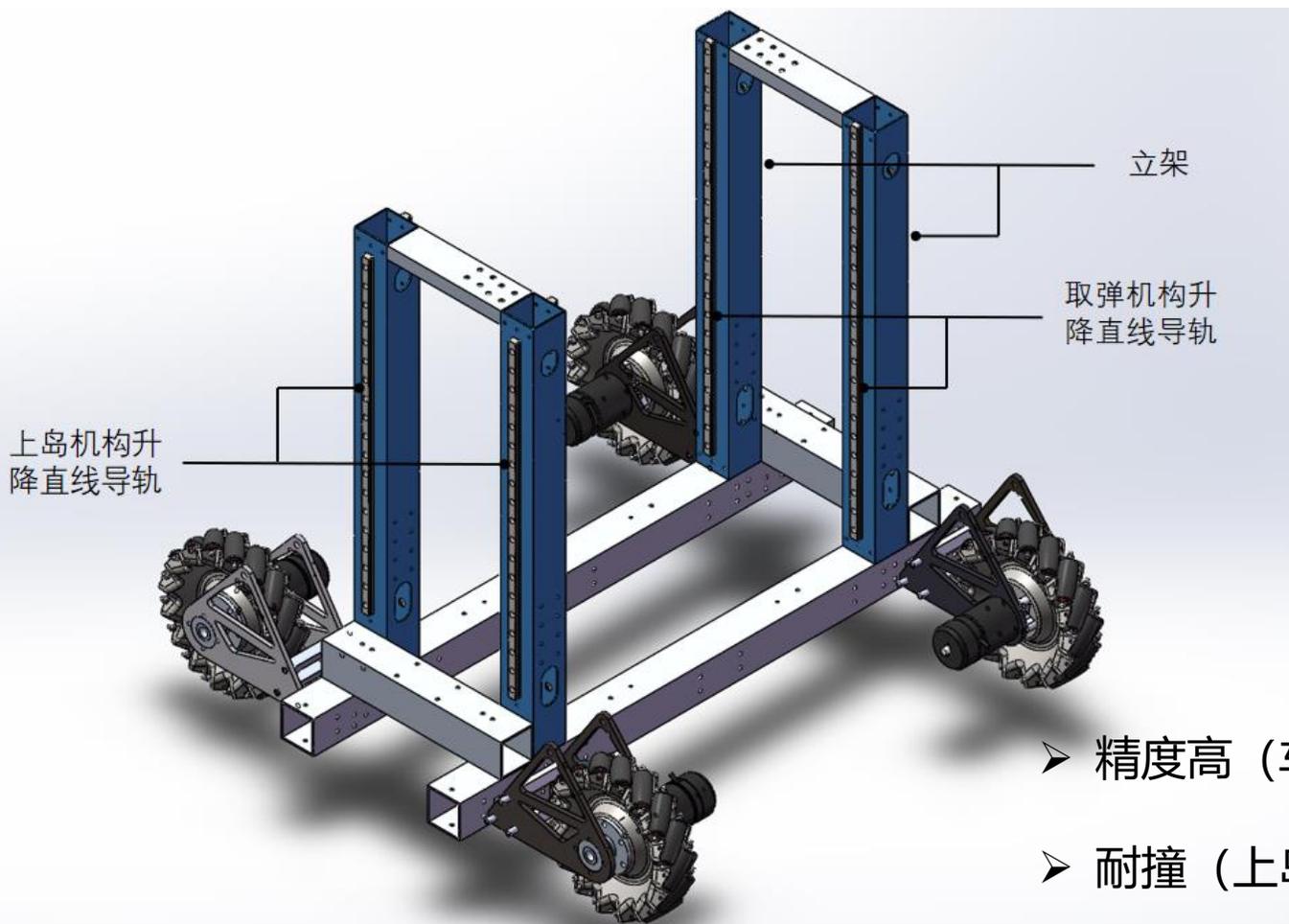
底盘高度设计：重心低是最重要的机械之一

- 要过什么地形？（过沟坎？跳公路？上下坡？）
- 翻车测试的周密性

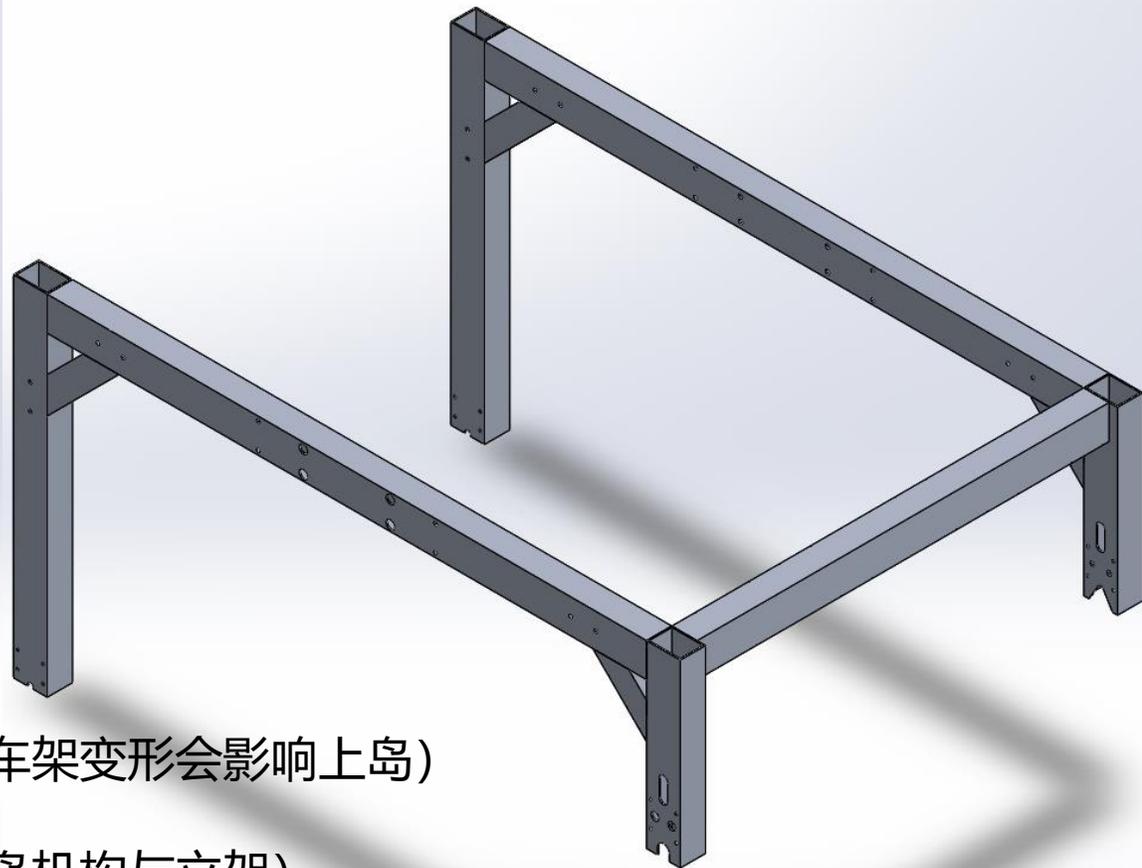


底盘高度设计（国赛版机器人）

铝管框架设计：粗薄铝管，一根也不能多



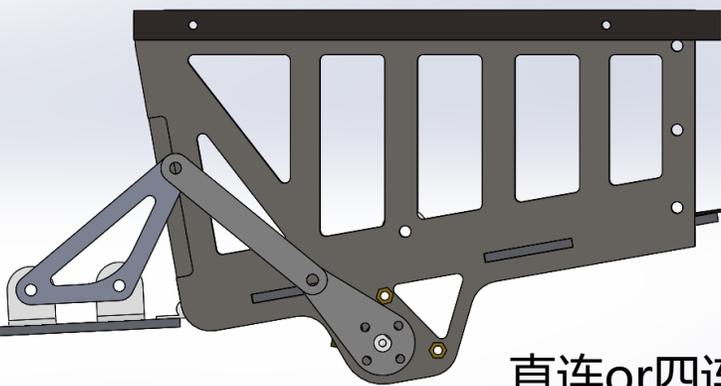
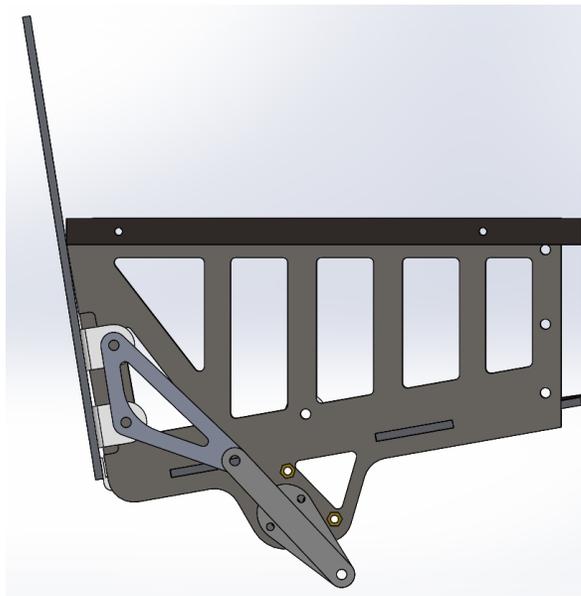
车体框架设计



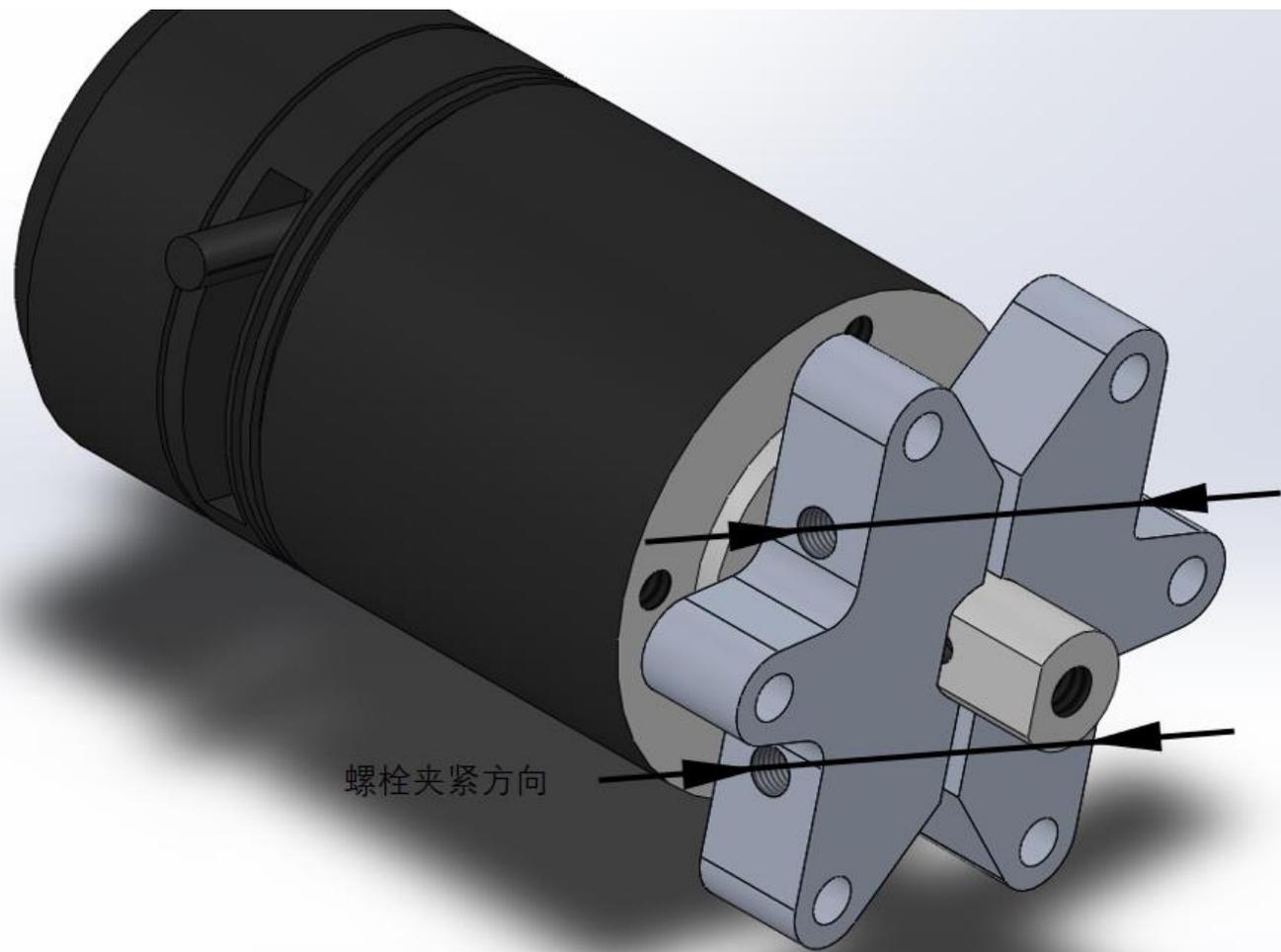
上岛架框架设计

- 精度高（车架变形会影响上岛）
- 耐撞（上岛机构与立架）

旋转机构

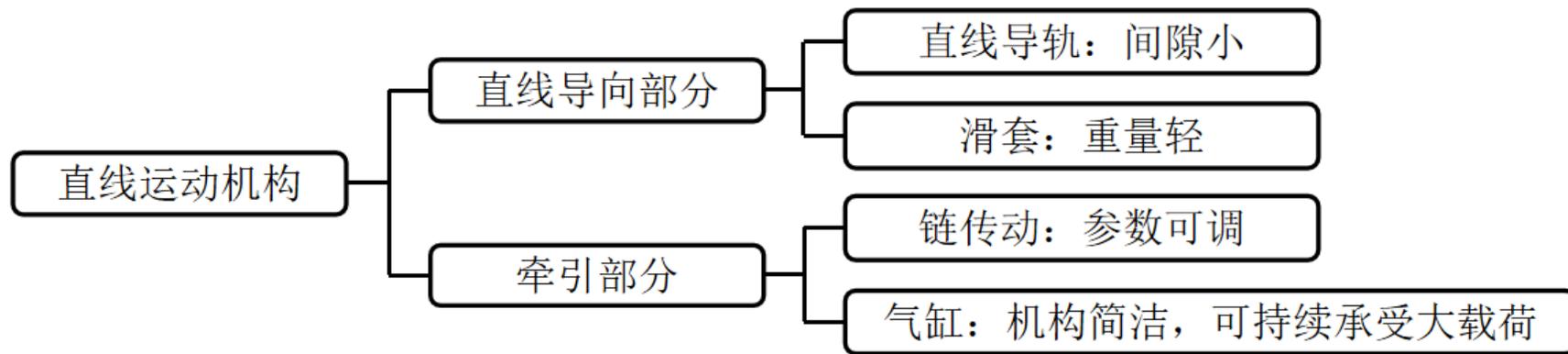


直连or四连杆

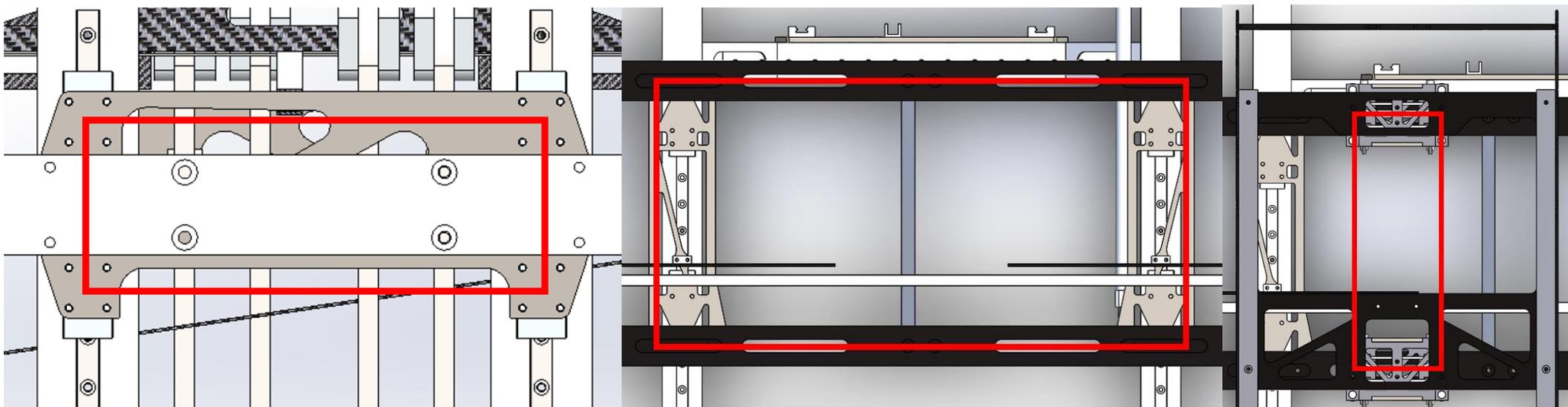


夹紧型联轴器

直线运动机构



机构选型



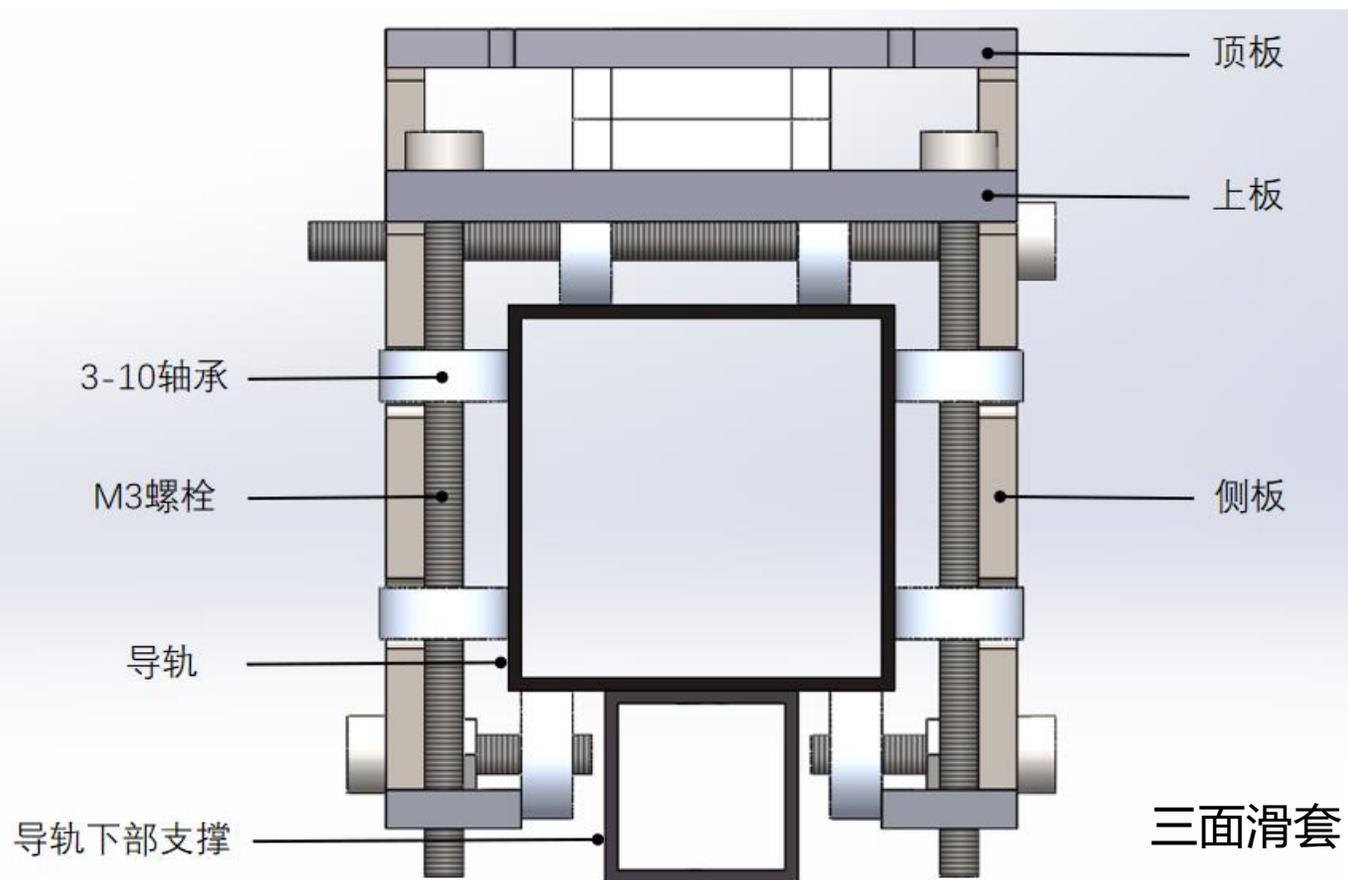
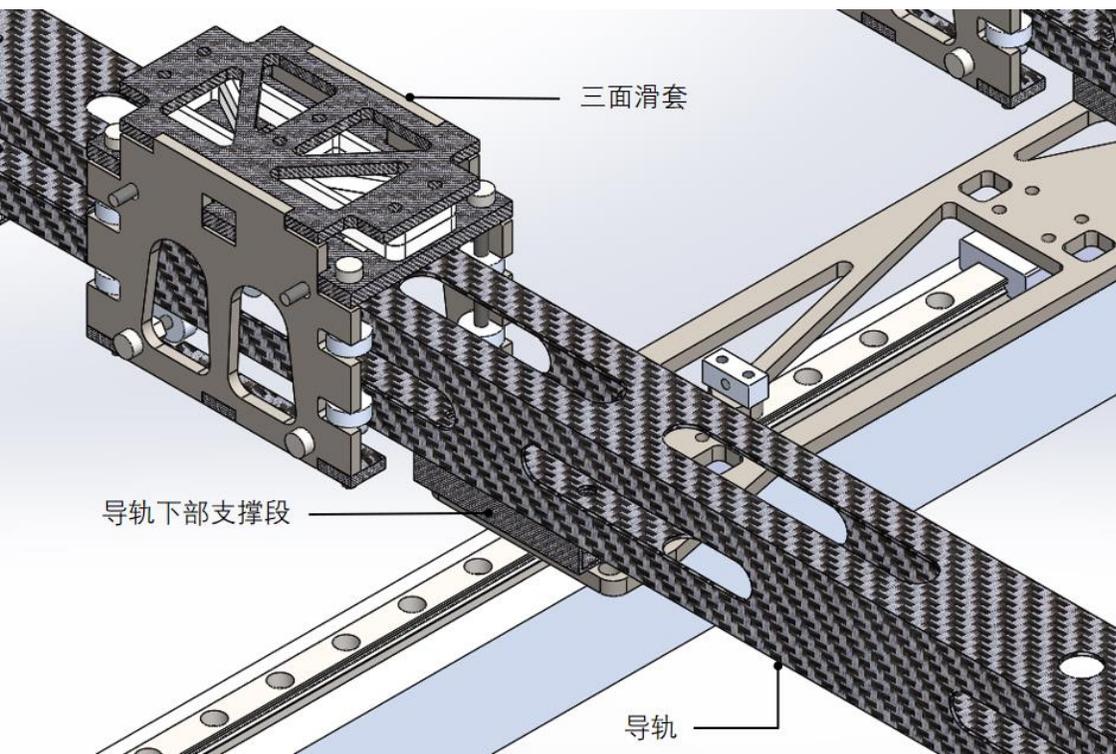
“刚性矩形” 原则

取弹机构设计

直线机构选型：直线滑轨or滑套，气动or电动

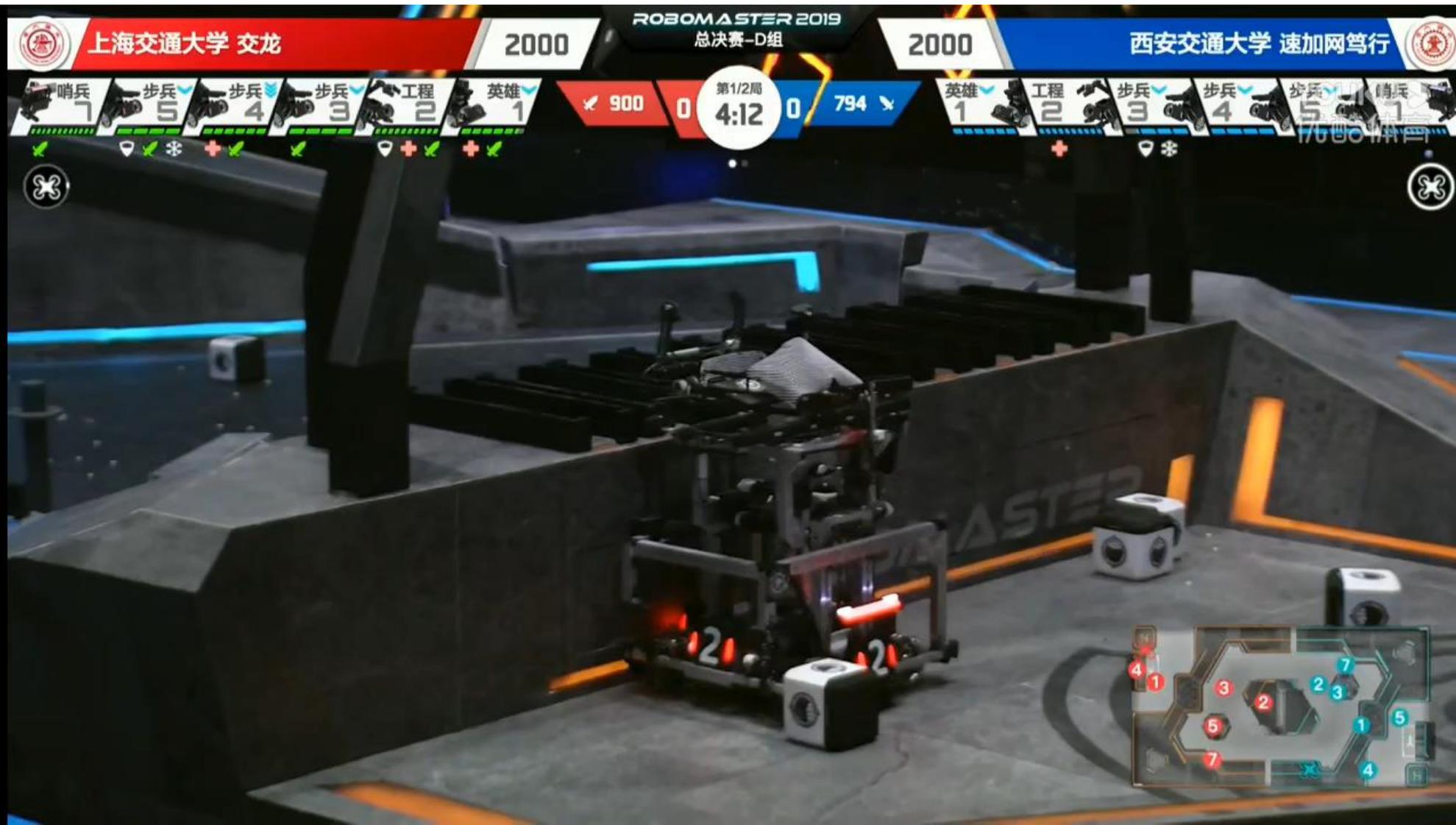
空间布置：先横后纵or先纵后横

传感器选型：E18-D80NK光电or测距



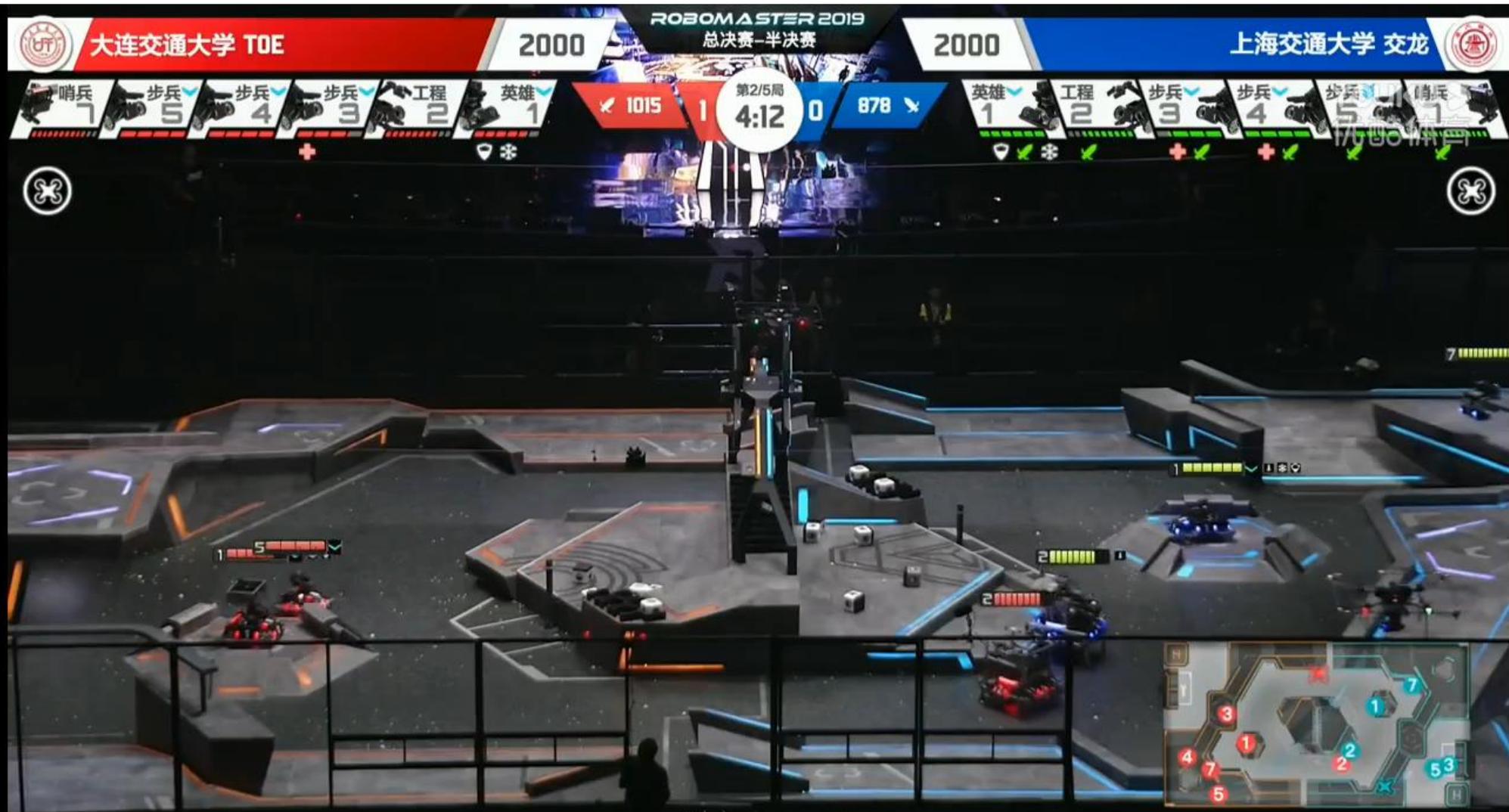
取弹机构设计

细节问题：卡弹、卡弹药箱、弹药箱深度、岛上预备动作.....



取弹机构设计

细节问题：卡弹、卡弹药箱、弹药箱深度、岛上预备动作.....

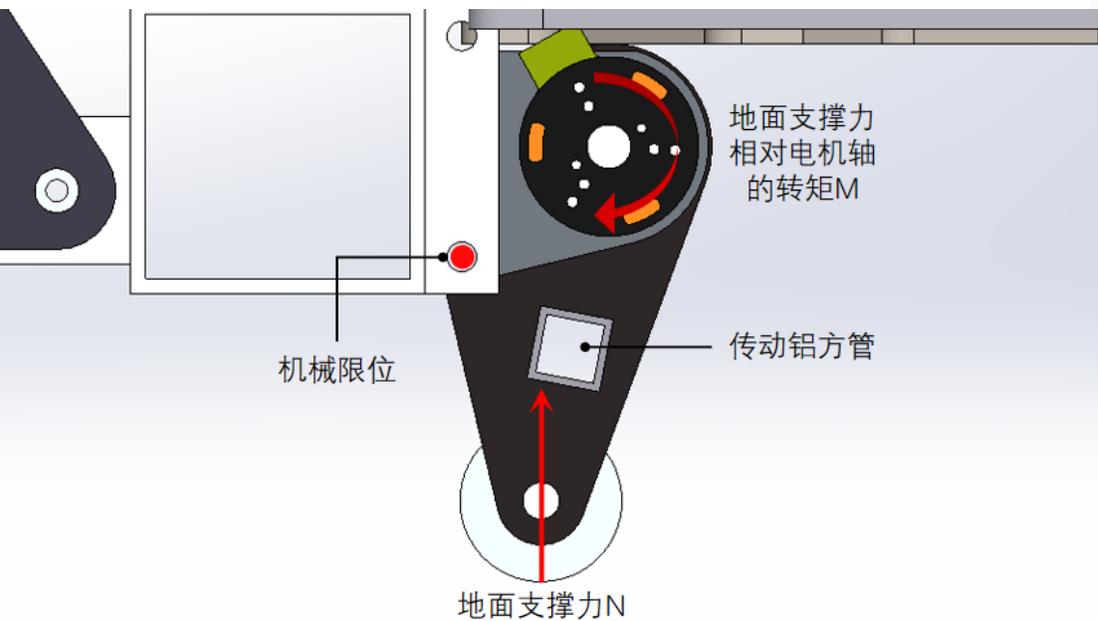


上岛机构设计：细节决定速度

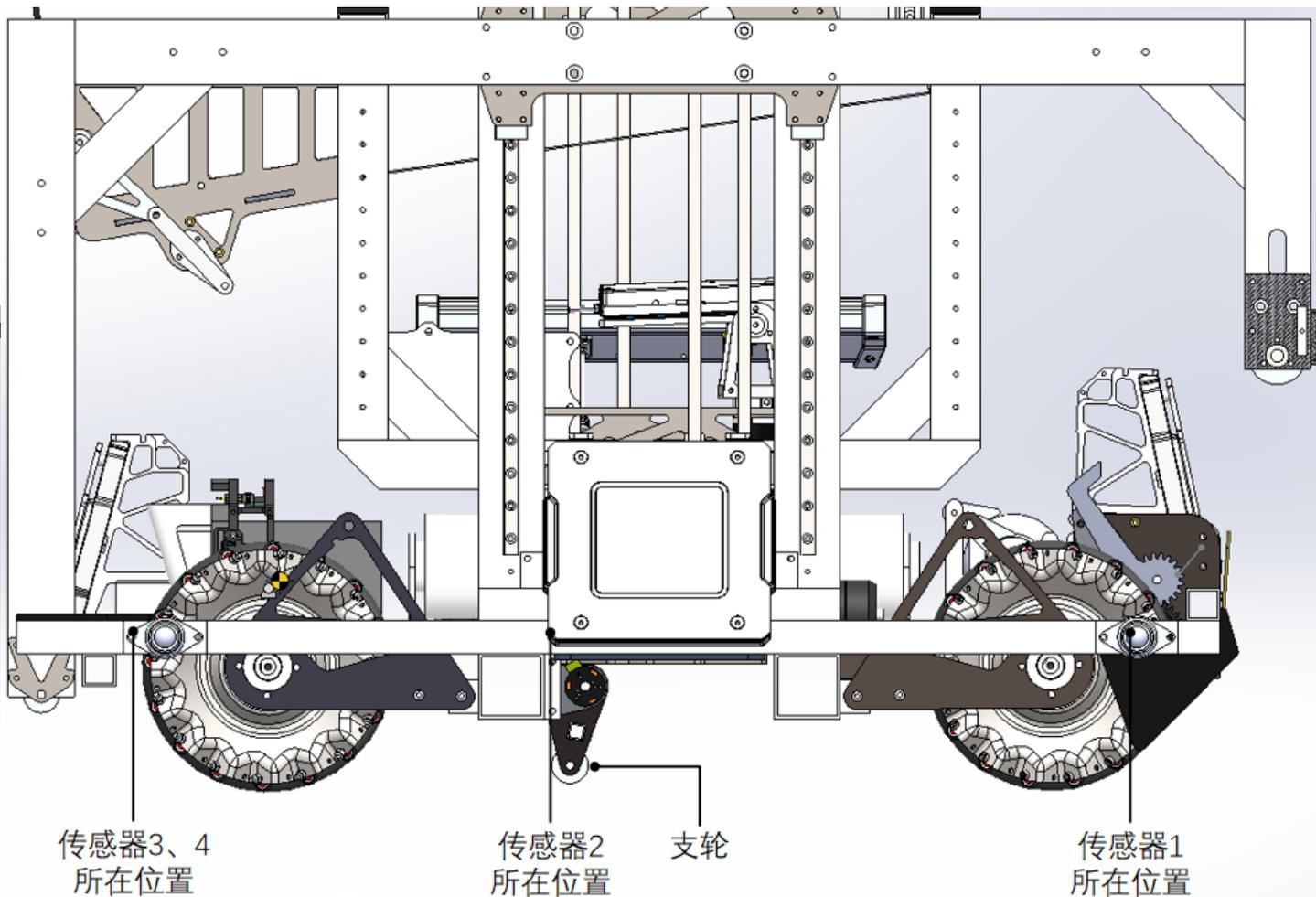
传感器的布置要简洁、可靠

各方向耐撞不变形

支轮设计：上岛时间缩短3秒



支轮方案

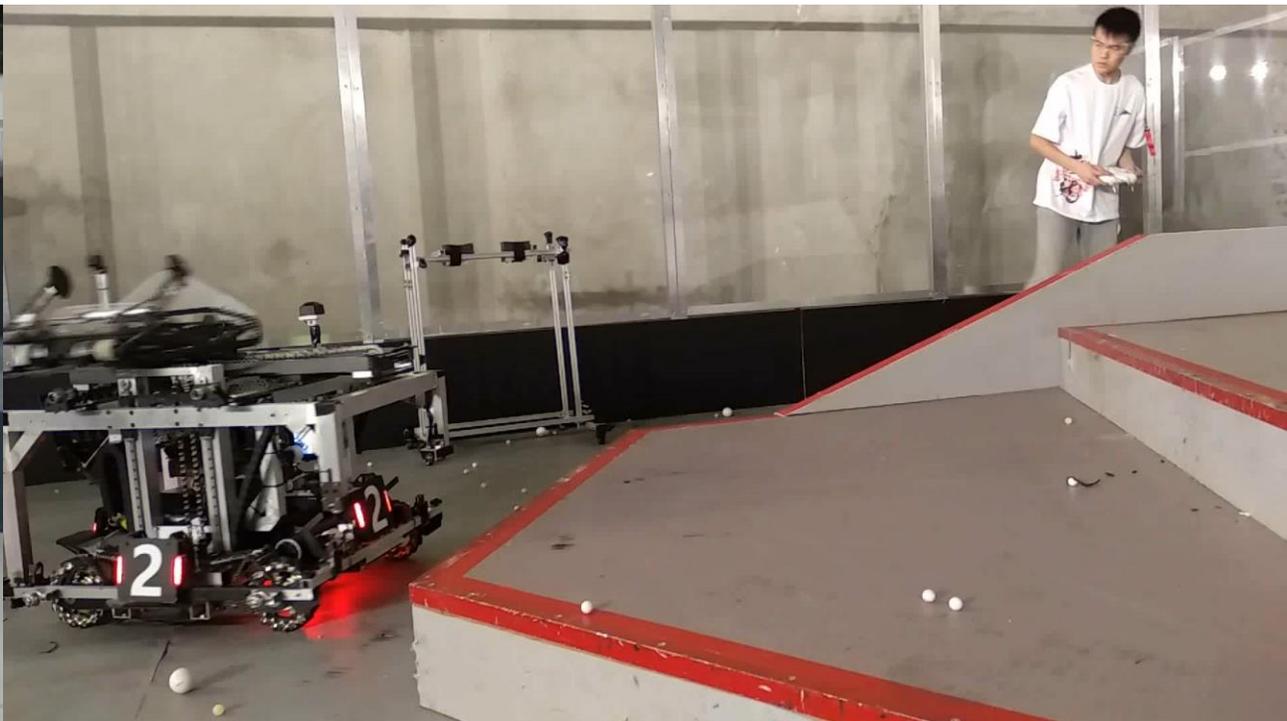


传感器方案

上岛机构的提速



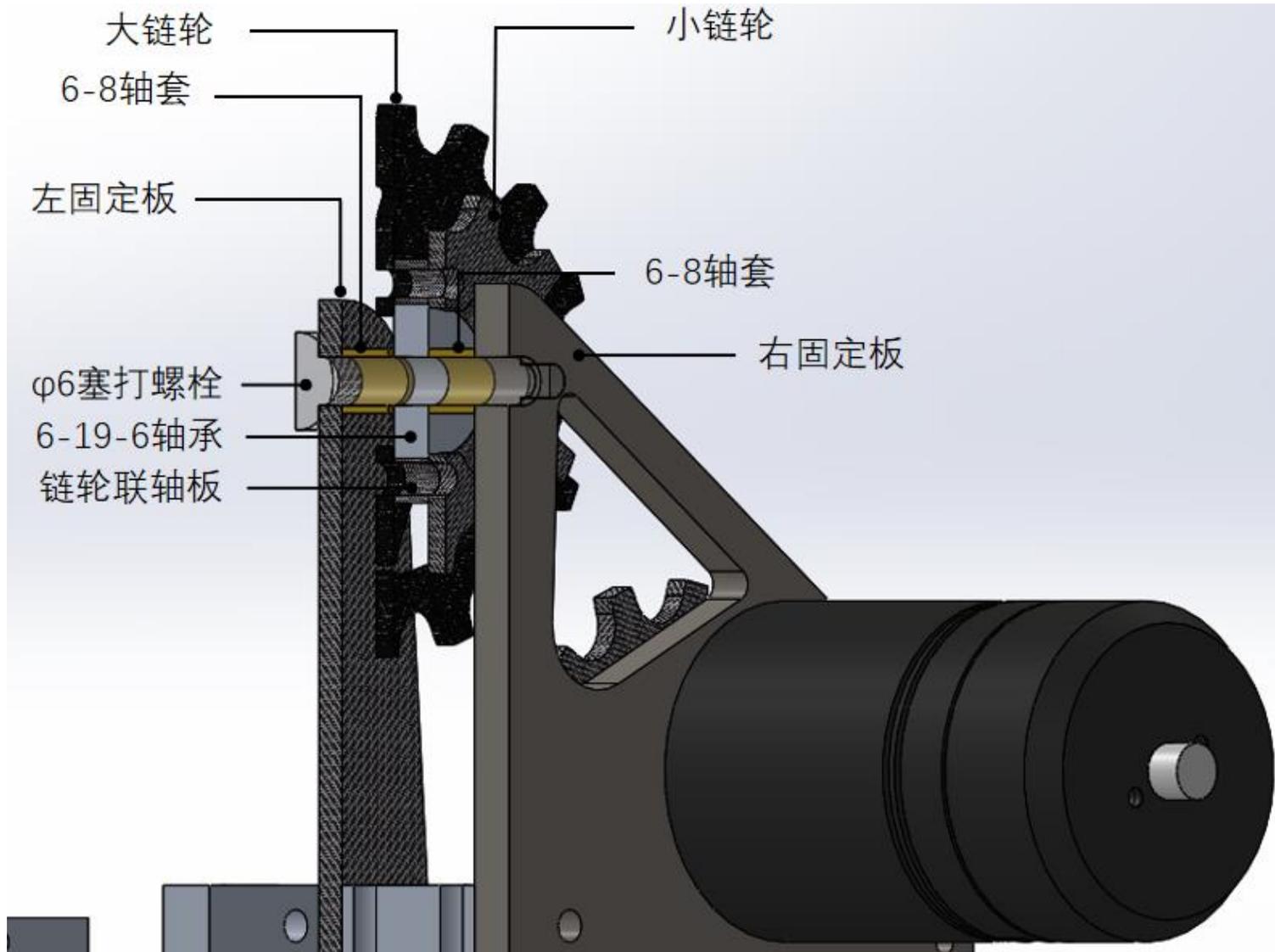
地区赛上岛速度 (8s)



国赛上岛速度 (5s)

上岛机构设计：细节决定成败

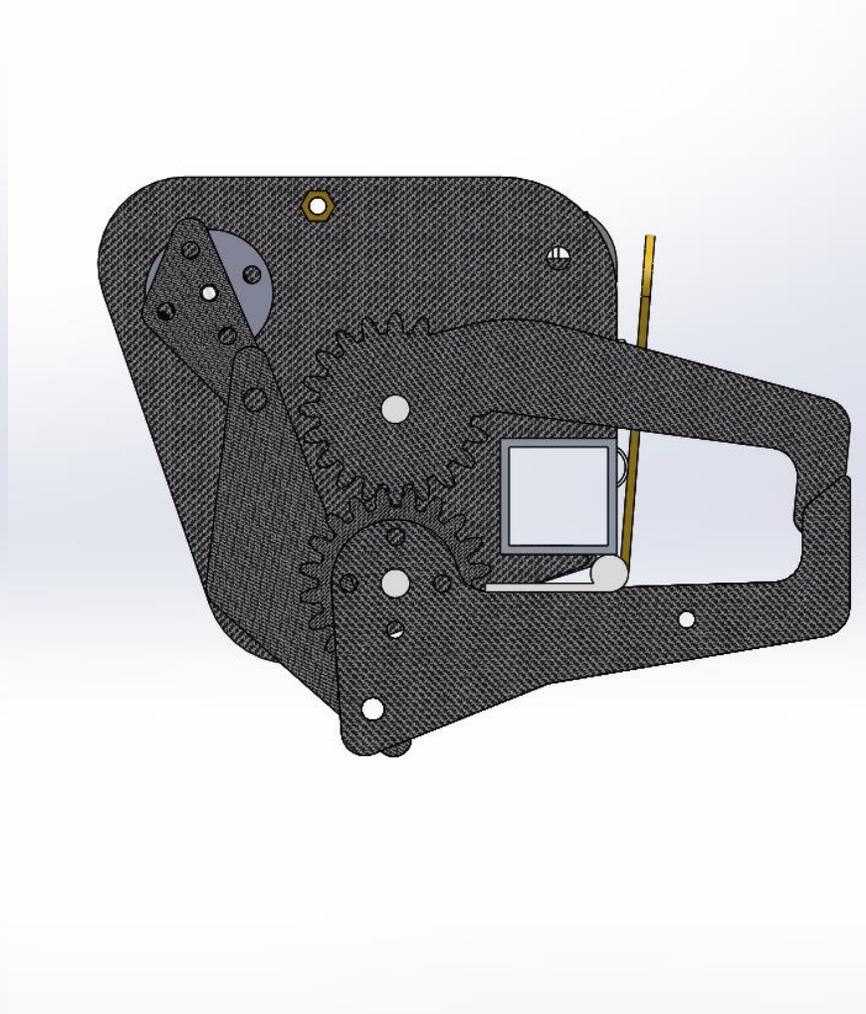
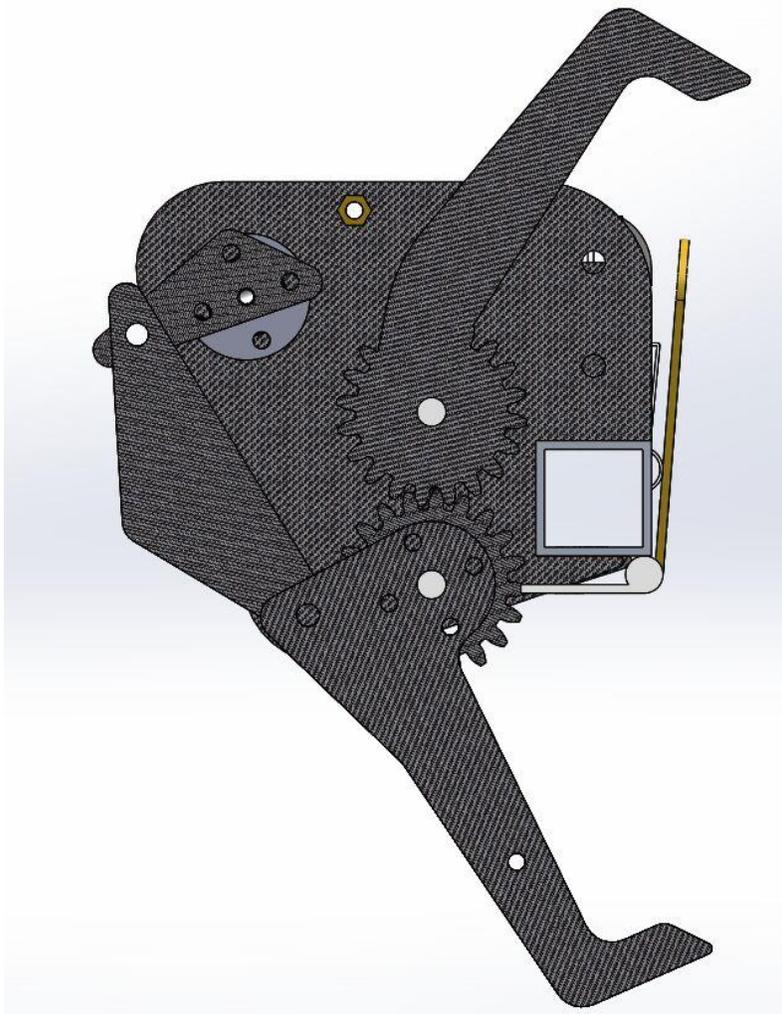
- 基于二维板材的设计方法
- 轴系设计的黄金搭配：塞打螺栓+板材+轴承+轴套/超薄垫片
- 防掉链设计：稳链器、垫片
- 防卡弹设计
- 其他细节：弹丸打击测试，友好的视野，每天上岛一百次



上岛机构链传动设计

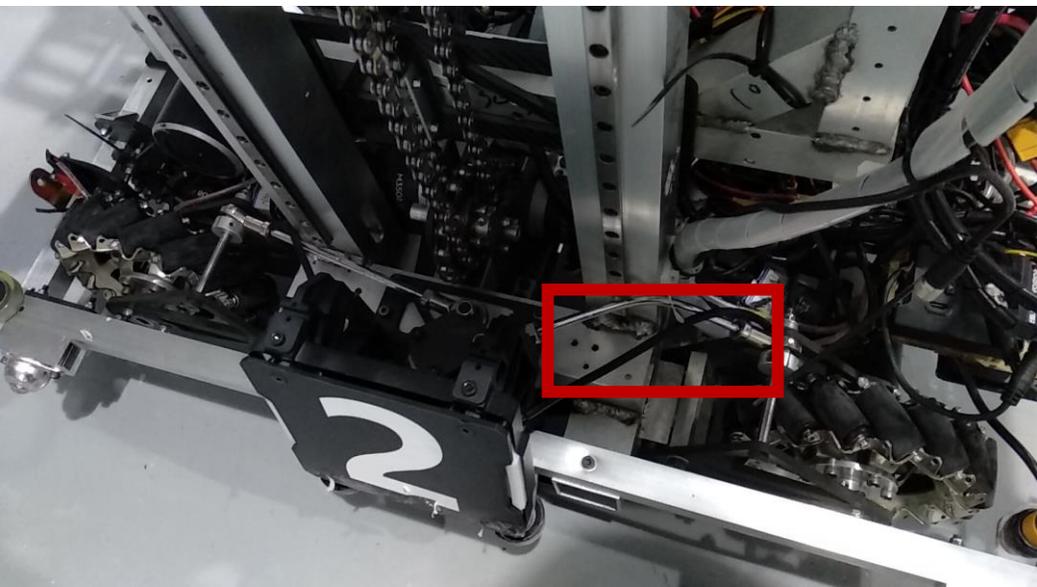
救援机构设计：追求附加功能

- 基本功能：一碰即抓
- 附加功能：跳公路、上下坡
- 难点：防撞、与上岛机构的兼容问题

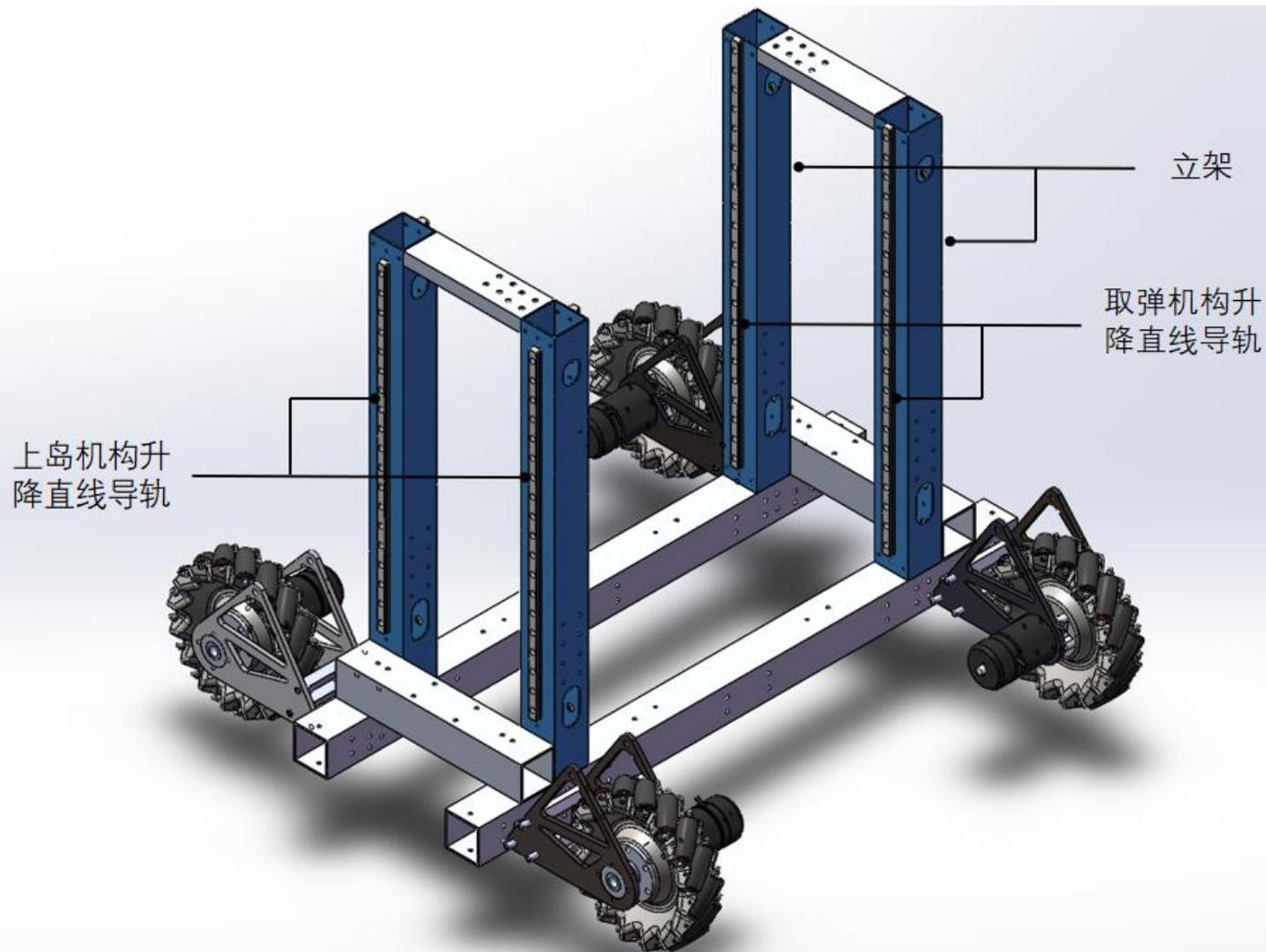


悬挂设计：刚度的权衡

- 自适应刚性底盘：损伤机构
- 传统弹簧底盘：影响取弹上岛、损伤避震器
- 自适应+弹簧底盘



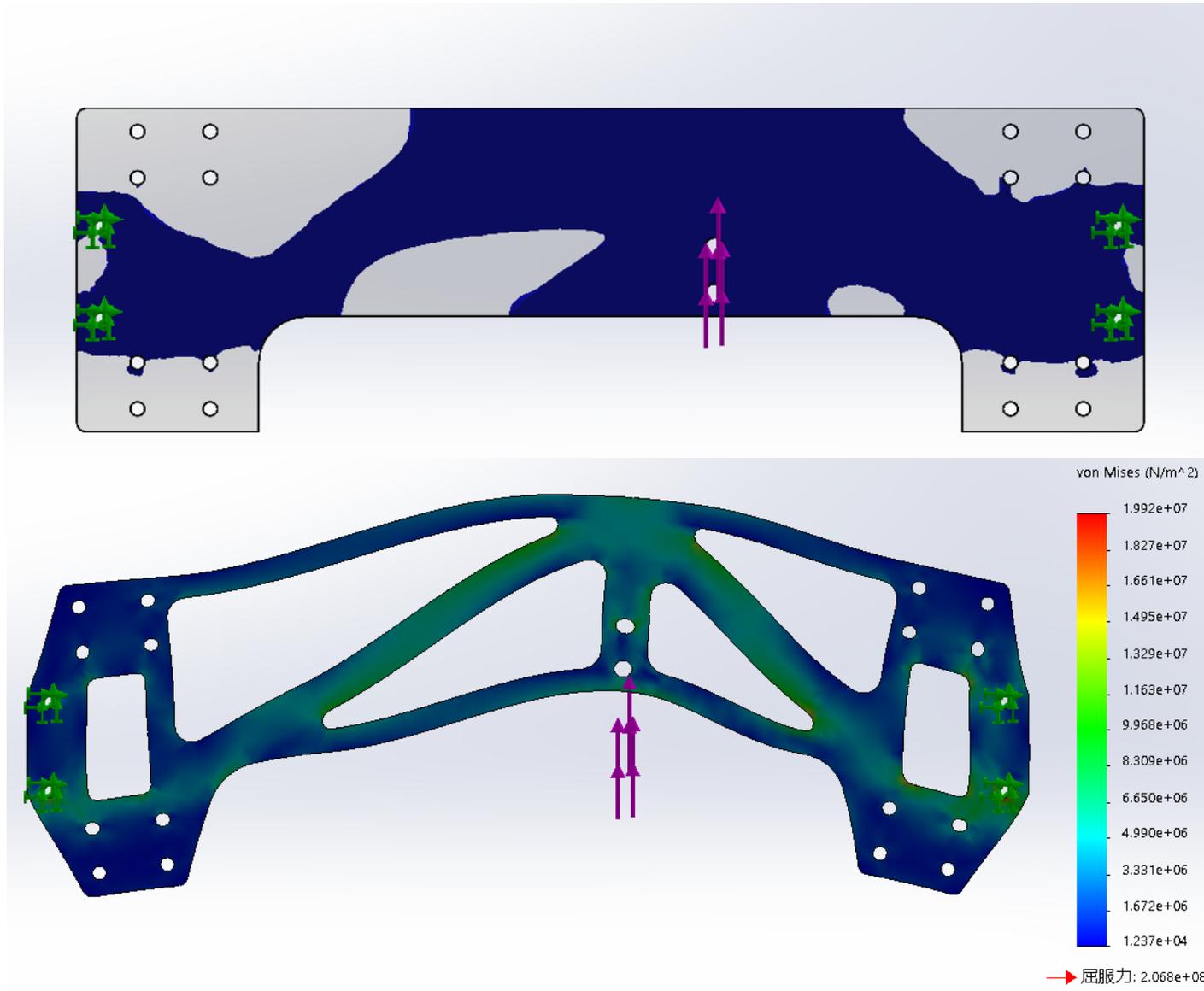
自适应刚性底盘（地区赛）



传统弹簧底盘（国赛）

轻量化设计：仿真与设计洞察

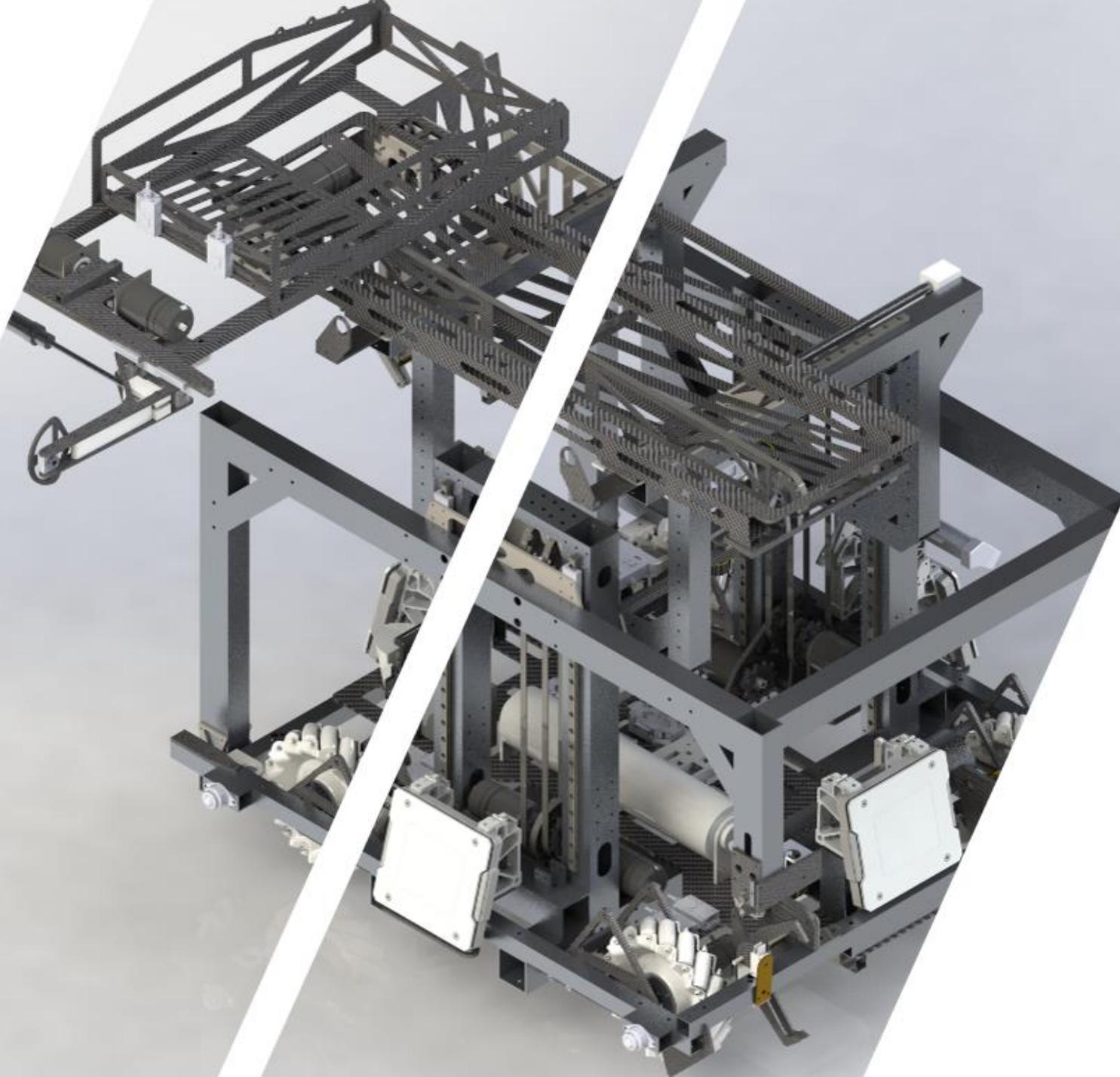
- 数据与经验相结合
- 有助于找出危险点



取弹架载板的轻量化设计

04

总结与展望



研发管理经验



➤ 项目没有精准的、量化的立项目标，就是盲目的项目

- 工程取弹项目目标：
- 20秒取**岛下五盒**弹药箱
- 15秒取**岛上三盒**弹药箱
- 取40盒弹药箱不失误一次
- 取**岛下漏弹率**为0%，取**岛上漏弹率**小于10%
- 试试斜着（约10度）取，不靠近墙壁也能取



重量测试： ←

1.小云台称重小于 3kg ←

单发测试： ←

2.单发测试：**连续单发 200 发不卡，而且也不连发。**电控注意操作友好，一键发一颗。 ←

射频测试： ←

3.正射状态下，600 发一分钟内完成且不卡死。 ←

4.**仰射 45 度且左偏 45 度状态下**，600 发一分钟内完成且不卡死。 ←

5.仰射 45 度且右偏 45 度状态下，600 发一分钟内完成且不卡死。 ←

6.俯射 45 度且左偏 45 度状态下，600 发一分钟内完成且不卡死。 ←

7.俯射 45 度且右偏 45 度状态下，600 发一分钟内完成且不卡死。 ←

发射延迟测试： ←

8.单发 10 次，记录每次发射延迟 ←

散度测试： ←

9.正射状态下，**单发 50 发，90%落入 5 米外直径 10cm 的圆内。** ←

10.正射状态下，连发 1000 发，90%落入 5 米外直径 10cm 的圆内。 ←

11. 仰射 45 度状态下，连发并观察子弹轨迹，无明显偏离。 ←

12. 俯射 45 度状态下，连发并观察子弹轨迹，无明显偏离。 ←

小弹丸发射系统项目目标（2019年1月）

➤ 一张好的BOM表，可以落实到每一个零件

1	物料名称	出口	材料/工艺/颜色/型号/尺寸	单价 (含税)	子模块内 物料数量	模块内物料总 数	整车物料 总价	出图人	审图通过	模块	物资准备负责人	状态
2	横向连接架	标准件+机加工	铝合金	20		1	20	谢灵肯	是	铝管	杨之远	
3	水平总架	标准件+机加工	铝合金	30		2	60	谢灵肯	是	铝管	杨之远	
4	前轮轮架	标准件+机加工	铝合金	25		2	50	谢灵肯	是	铝管	杨之远	
5	后轮架	标准件+机加工	铝合金	30		2	60	谢灵肯	是	铝管	杨之远	
6	扩展架载板	切割	碳纤维	40		2	80	孟义轩	是	板材	孟义轩	已下单
7	包胶动力轮	已有+改进	铝合金			2	0				谢灵肯	
8	轴	已有+改进	铝合金			2	0				谢灵肯	
9	2006电机	大疆				2	0					
10	盖板	自制	铝合金			6	0				谢灵肯	
11	包胶轴承 (导轮)	已有				4	0				谢灵肯	
12	轴01	已有+改进				2	0				谢灵肯	
13	后红外安装杆	标准件+机加工	铝合金	30		4	120	谢灵肯	是	铝管	杨之远	
14	HI_IAC02 滑块	已有				8	0				刘学楷	
15	上岛架链条连接件	机加工	铝合金	100.5		2	201	谢灵肯	是	机加工件	谢灵肯	
16	上岛架小加强管	标准件+机加工	铝合金	25		4	100	谢灵肯	是	铝管	杨之远	
17	上岛架加强管	标准件+机加工	铝合金	30		2	60	谢灵肯	是	铝管	杨之远	
18	合适的角铁	已有				6	0				谢灵肯	
19	电机保护安装杆	标准件+机加工	铝合金	30		2	60	谢灵肯	是	铝管	杨之远	
20	电机保护管	3D打印	塑料			2	0				谢灵肯	
21	上岛架焊接固定件	激光切割	亚克力板			10	0				杨之远	
22	车横架	标准件+机加工	铝合金	20		2	40	杨之远	是	铝管	杨之远	
23	车纵架	标准件+机加工	铝合金	30		2	60	谢灵肯	是	铝管	杨之远	
24	车立架	标准件+机加工	铝合金	25		4	100	张汇华	是	铝管	杨之远	

2019年2月工程机器人BOM表 (节选)

研发管理经验

- 一个好的项目，一定是能培养人的项目
- 要有全队资源调配的大局观
- 进度即是性能：人不行就换

1.13	1.15-1.22	1.23-1.25	1.26-1.27	2.12	2.18
1.开展工程取弹二期项目。(刘, 卢) 2.验证履带上岛方案可行性。(杨, 谢, 董) 3.讨论工程车详细方案 (张)	1.工程取弹二期基本完成, 实现高稳定性与高落弹率。2.工程框架基本确定。	1.完成工程车细节模型。(刘、杨) 2.设计云平台。(孟) 3.开始研发弹仓。(董, 孟) 4.开始研发救援机构 (卢)	1.审核模型。2.出图、审图	送加工、购买部件	1.完成弹仓第一版设计。(孟) 2.救援机构第一版设计。(邢) 3.移植改良型悬挂。(李) 4.清点板材加工。5.电控讨论分工, 熟悉代码。6.优化取弹(防弹药箱卡死、防中途撞击、扔箱同步、去刹车线或改进刹车线机构)。7.优化整车(摄像头干涉与固定方式、电池拔不出、rfid微调、底盘传感器、气瓶固定与转向、链传动下部固定)。8.清点标准件。

2019年1-2月工程机器人计划表 (节选)

➤ 检修表需要严格执行

←

检录前一小时检修表←

通用：←

- 七条链条是否松动←
- 十一条导轨的滑块螺栓是否拧紧←
- 横移链轮是否松动←
- 十九个电机，两个气缸运动是否顺滑←
- 六个传感器固定与保护是否可靠←

底盘：←

- 麦轮小胶轮是否顺滑←
- 麦轮转动是否顺滑←
- 悬挂转动是否顺畅，避震器是否损坏←
- 保险杠四个角高度是否为 105mm←
- 八个小导轮是否顺滑←
- 底盘电机转子的纸胶带是否磨损←
- 底盘电机是否松动←
- 保险杠是否变形←
- Rfid 是否松动←
- 车轮防卡亚克力是否完好←
- uwb 是否稳固←
- 牛眼轮固定是否完好←
- 支轮铝管是否完好←
- 支轮连轴是否松动←
- 保险杠与侧装甲板保护板固定是否稳固←

附录 工程机器人检修表←

- 主控模块固定是否完好←
- 电源管理是否保护好←
- 气瓶接头是否保护好←

上岛架：←

- 上岛架前轮 2006 保护是否稳固←
- 上岛架前轮连轴是否可靠←
- 上岛架前轮塞打螺栓是否断裂或松动←
- 上岛架后轮是否顺滑←
- 上岛架是否变形←

取弹：←

- 滑套是否松动←
- 横移是否有卡住风险←
- 纵移气缸固定件是否可靠←
- 夹爪支撑管刚度是否足够←
- 护线器固定是否可靠←
- 横轨下表面是否损坏←
- 砂纸是否完好←
- 对位传感器保护是否完好←

云台：←

- 云台是否松动←
- pitch 轴 D 型面是否移走←
- 图传是否松动←
- 两轴间隙是否正常←

救援：←

- 救援爪是否稳固顺畅，间隙是否过大←
- 微动开关按钮是否可靠←
- 救援合页是否过松过紧←

线路：←

- 是否有线头松动、悬空←
- 电机线头是否松动←
- 是否保护不到位，线头裸露←
- 保险杠上扎带是否脱落←
- 装甲板接线是否多一根←
- 装甲板接线是否有扎带固定在装甲板支

架上←

- 六个传感器数据是否正常←

功能执行：←

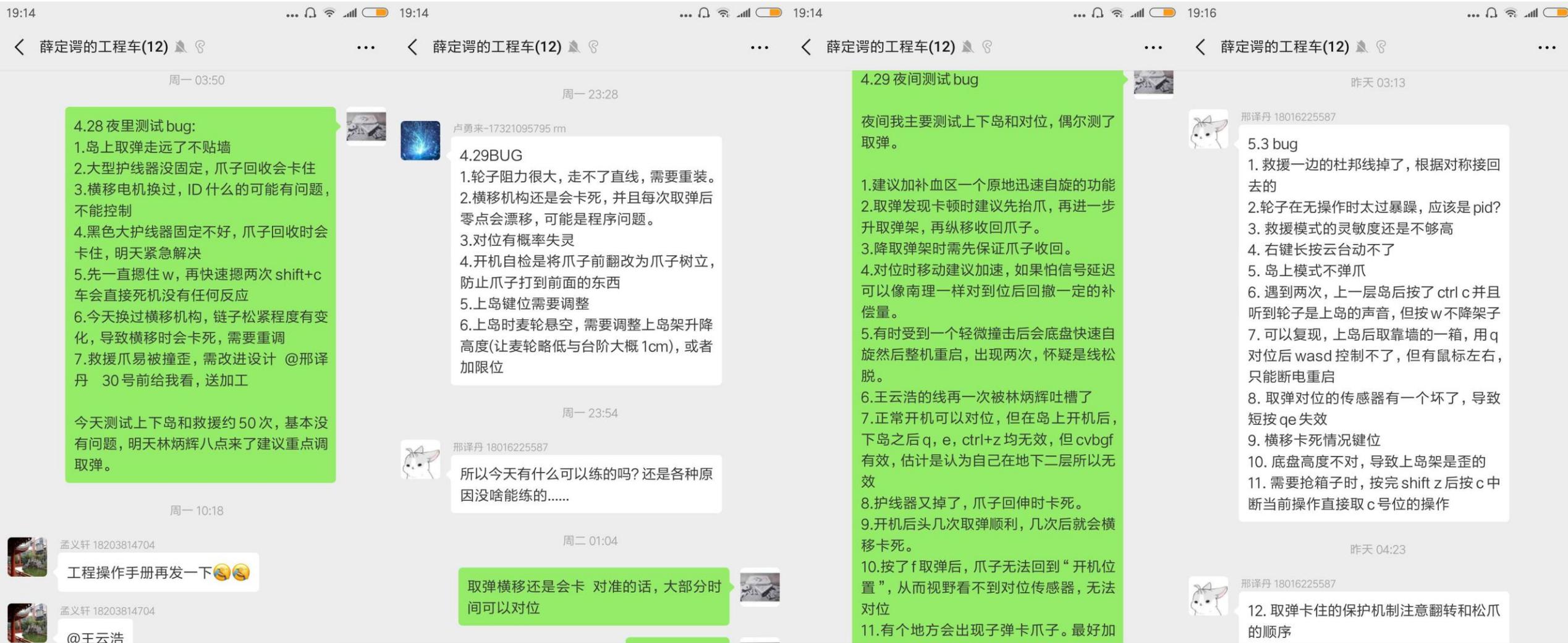
- 所有键位操作一遍，至少完成走直线，岛上取，岛下取，供弹，救援←

←

检录后准备阶段检修表←

- 是否有三个气瓶，是否满气←
- 气瓶压力是否合适←
- 电池是否有两根扎带←
- 是否有两个以上电池，是否满电←
- 烧写器是否拔掉←
- 是否有备用扎带，防撞条←

➤ 测试强度直接决定场上玄学BUG的多少



➤ 测试强度直接决定场上玄学BUG的多少

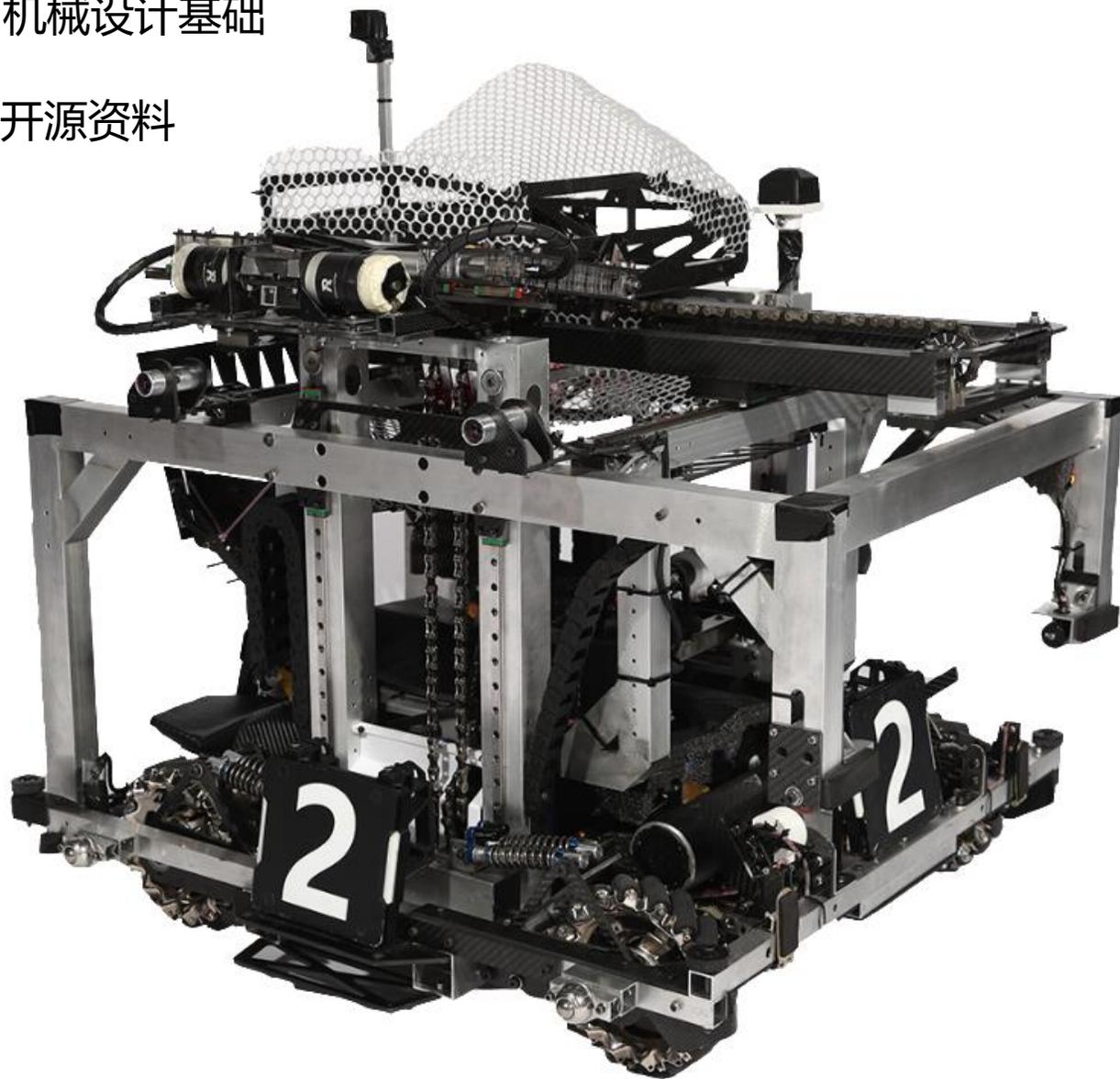
	每日必做	二或三日必做	两周一测
步兵	运动：上下坡、走直线、跳台阶、进出补给站、飞坡 桥头吊射 单发 连发（不扣血） 自瞄射击移动靶（一键自主打击） 超级电容（不扣血）	能量机关 对战步兵/英雄/哨兵	任意部位弹丸打击
英雄	运动：上下坡、走直线、跳台阶、飞坡 桥头吊射 补给站前吊射 自瞄射击移动靶（一键自主打击） 超级电容（不扣血）	对战步兵/哨兵	任意部位弹丸打击
工程	运动：上下坡、走直线、防翻车性能 岛下取弹 上下岛 岛上取弹 供弹 各种情况救援步兵/英雄		任意部位弹丸打击
哨兵	巡航（不扣血） 连发（不扣血） 射击精度（五米） 射击步兵/英雄	对战步兵/英雄	任意部位弹丸打击
无人机	吊射基地 连发	（自瞄或非自瞄）射击步兵/英雄/哨兵	
白瞄参考量化指标	1 步兵面对横向1m/s运动装甲板，子弹打击的范围和命中率 （不同光环境） 2 步兵面对2.5m/s远去的装甲板，子弹打击范围和命中率（不同光环境） 3 对小陀螺的打击范围和命中率（不同光环境） 4 普通对战模式下的命中率以及多快杀死对方（不同光环境） 5 桥头自瞄多少秒能瞄到基地，10秒大概扣多少血（不同光环境）		

战队项管部测试清单（国赛暑期集训）

机器人研发流程

- 机械基本知识：理论力学、材料力学、机械制图、机械设计基础
- 人才储备：培训（周结、建模Tips）、比赛视频、开源资料
- 需求分析、竞品分析
- 队情分析
- 敲定方案
- 重点技术提前测试，推广
- 整车模型
- 机械组装、电控调试
- 测试与解决BUG
- 暴力测试、细节测试

前提：1至3个不断PUSH的核心人物



关于2020工程机器人方案的一点想法

➤ 有发射VS无发射

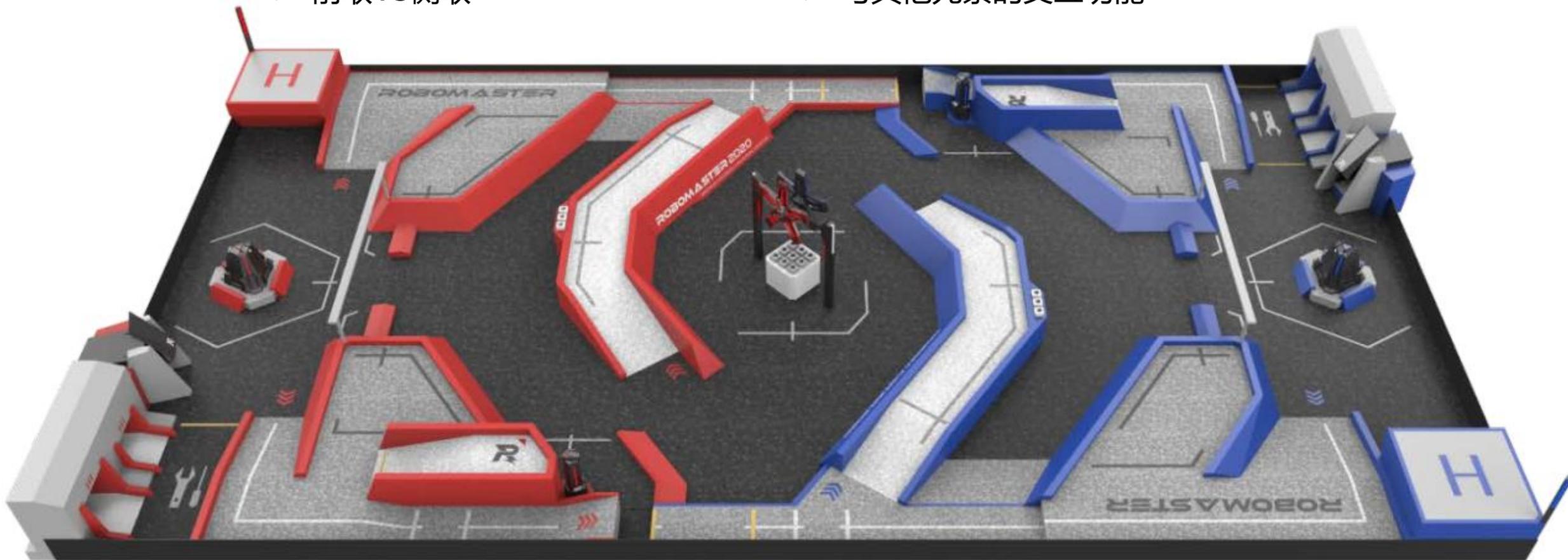
➤ 宽VS窄

➤ 陀螺VS扭腰

➤ 是否上台阶，爬斜坡？

➤ 前取VS侧取

➤ 与其他元素的交互功能



直播 Q&A 环节

请将自己的问题发送在弹幕中
欢迎提问

- 直播视频回放会上上传至B站 “RoboMaster机甲大师”
- 直播PPT和Q&A会整理上传至RM论坛【日常动态】版置顶区 对应直播帖
- 更多往期直播内容请见RM论坛【日常动态】版置顶区 直播合辑帖



抽奖名额：1位幸运鹅

抽奖方式：在弹幕区打出由主讲人提供的关键词“XXXX”

主讲人倒计时后截图，最后一位显示完整ID且关键词正确的用户为本期幸运鹅

主讲人将现场公布获奖ID（注意仔细听哦~）

兑奖方式：将收件信息和ID截图，一起发送至RoboMaster 大学生赛务微信号（rmsaiwu）

联系我们



官方邮箱: robomaster@dji.com

官方网站: www.robomaster.com

官方论坛: bbs.robomaster.com

联系电话: 0755-36383255 (周一至周五 10:00-19:00)



