



Using a 51-55 motor driver cable and Field-Oriented Control (FOC), the RoboMaster D3D Brushless DC Motor Speed Controller enables precise control over motor torque.

Exclusively designed for the RoboMaster M5000 P18 Brushless DC Motor and D3D Brushless DC Motor-Speed Controller, the M5000 Assembly Kit includes several screws and a terminal block.

RoboMaster System Specification Manual, RoboMaster System User Manual, Introduction of RoboMaster System Module

As M5000 Assembly Kit includes several screws and a terminal block, carrying a complete assembly system within the RoboMaster System.

ROBOMASTER

高校单项赛

赛季总结

哈尔滨工业大学（深圳）南工骁鹰

编制

2022 年 09 月 发布

目录

- 1. 规则技术点复盘 2
 - 1.1 规则技术点分析回顾 2
 - 1.2 实际实现技术点 2
 - 1.3 异同原因分析 3
 - 1.4 解决方法分析和经验总结 3
- 2. 技术方案复盘 4
 - 2.1 机械结构方案 4
 - 2.2 硬件方案 4
 - 2.3 软件方案 5
 - 2.4 算法方案 8
 - 2.5 测试方案 8
- 3. 项目进度复盘 11
- 4. 赛季人力安排复盘 12
- 5. 预算复盘 16
- 6. 技术方案参考文献 17
- 附录 学术创新成果 18

1. 规则技术点复盘

1.1 规则技术点分析回顾

与 2021 赛季相比，工程机器人制作规范方面的最大改动为伸展尺寸从 2021 赛季的 $1000 \times 1000 \times 1000$ 变为 2022 赛季的 $1200 \times 1200 \times 1000$ ，其余变化不大。而对于工程采矿项目，规则则发生了比较大的改变。由原来的抓取掉落矿石变为了 4 种各不相同的情况。1 号位为斜置矿石；5 号位为正常矿石不过二维码朝上；2 号位和 4 号位为掉落矿石，最终会掉落到凹槽内；3 号位不设矿石，不过另设地面矿。

对于 1 号位，如果使用传统夹爪，则需要较大的夹取宽度，设计难度增大，采用吸盘正面吸取的效果更佳；对于 2 号位，如果要成功兑换则需要转矿机构实现矿石翻面；对于 2 号位和 4 号位，最理想的情况为直接空接完成夹取，若调入资源到凹槽内，会增加取矿难度，不过可以采用吸盘上部吸取或者增加夹爪下部延伸长度完成抓取；对于 3 号位，要求工程机器人具有抓取地面矿石的能力，可以使用矿石抓取机构，也可以另外设计抓取机构。

1.2 实际实现技术点

但在实际比赛过程中，以上所述的各种方案均未实现。

1.3 异同原因分析

各种因素都有吧。首先机械方面的残疾导致无法转矿，倾斜矿石的抓取也存在很大的不稳定性；其次影响最大的原因就是调试时间的缺乏吧，对于机械而言，除了转矿，以上各种手段机械都能完成。但由于深圳疫情的影响，导致回校时间延后，机械改装和电控调试时间都大幅度减少，在仅有的 1 个星期的调试过程中，空接和地面矿石的抓取都未进行调试，导致在实际比赛过程中颗粒无收的尴尬情况，但在打完分区赛后，经过后续的电控调试和完善，事实证明我们有完成全部兑矿的能力，但很遗憾并未在赛场上展示出来

1.4 解决方法分析和经验总结

对于机械而言，在二代车的绘制中，我们将传统夹爪改为了吸盘结构，增加了空接和抓取倾斜矿石的稳定性，其次对于 5 号矿石，我们在车体内部增加了摩擦轮转矿机构，实现矿石的翻面以完成兑换。其次，对于在较短时间的备赛中，我们也吸取了这次备赛的教训，在机械改装的过程中，电控就应该和机械同步进行，实现相关电控的调试，节省时间，完成调试。

2. 技术方案复盘

2.1 机械结构方案

1. 空中取矿：视觉对位；
2. 储矿：储矿采取滚吸式，2006 带动摩擦轮转动实现落入矿藏的矿石向后移动；
3. 优化升降：同步带传动，通过自制压板实现传动，再通过涨紧套实现涨紧，减少同步带虚位，完成升降；
4. 抓取：气缸抓取，响应快，抓取牢固；
5. 伸出：气缸伸出，抽屉导轨限位，速度更快，抓取速度更快；
6. 拖车：气缸直连钩爪，抓取牢固，不易脱落；
7. 救援卡：齿轮齿形伸出，通过下部和两端限位，实现救援卡任意距离伸出，适配不同地面兵种的不同场地交互位置；

2.2 硬件方案

2.2.1 硬件整体框图

2.2.2 单板硬件说明

单板	设计需求	风险评估
ROBOMASTER 电调中心板	电调中心板是一款专为实现电源及 CAN 通信接口扩展的转接板。中心板具有结构紧凑、接口集成度高等特性，可同时提供 7 套动力系统的供电	几乎无风险

SPI 转 CAN 板	用于收集编码器信息，与主控板通信	几乎无风险
Jlink WIFI 调试板	用于无线调试，方便研发	几乎无风险
USB 转 CAN	用于小电脑与主控板通信	几乎无风险
G4 主控板	主控板	几乎无风险
F7 主控板	主控板	几乎无风险
NX 载板	转接板	几乎无风险

2.2.3 重要传感器选型说明

碰撞开关：选择体积小、较轻，且触摸敏捷性高的碰撞开关。

光电开关：选择高灵敏度，几何形状适配车型的光电开关

拉线传感器：采用钢丝绳韧性足够，编码器和电位器限位精确的拉线传感器，以防止车运行

途中出现定位不准的情况。

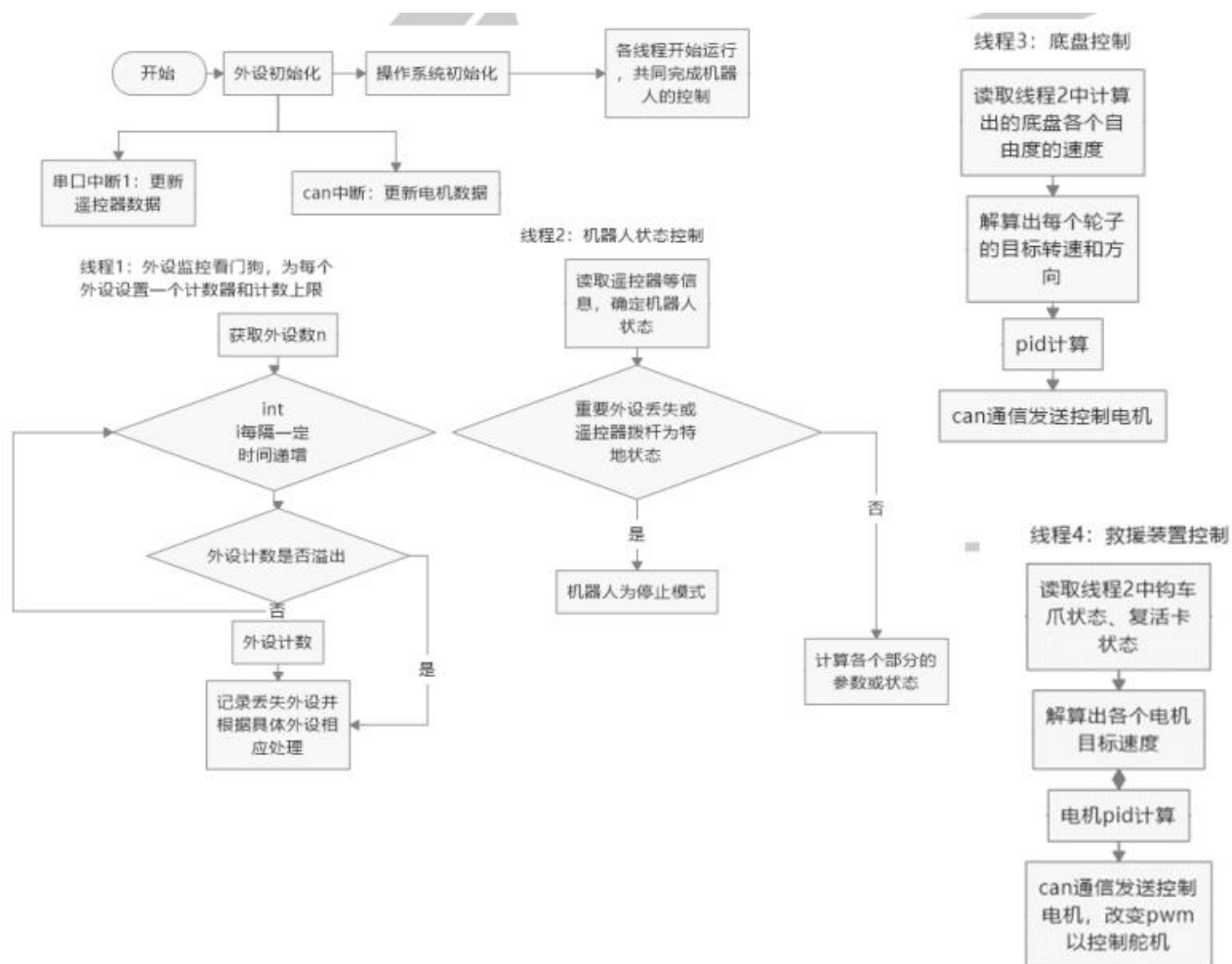
2.3 软件方案

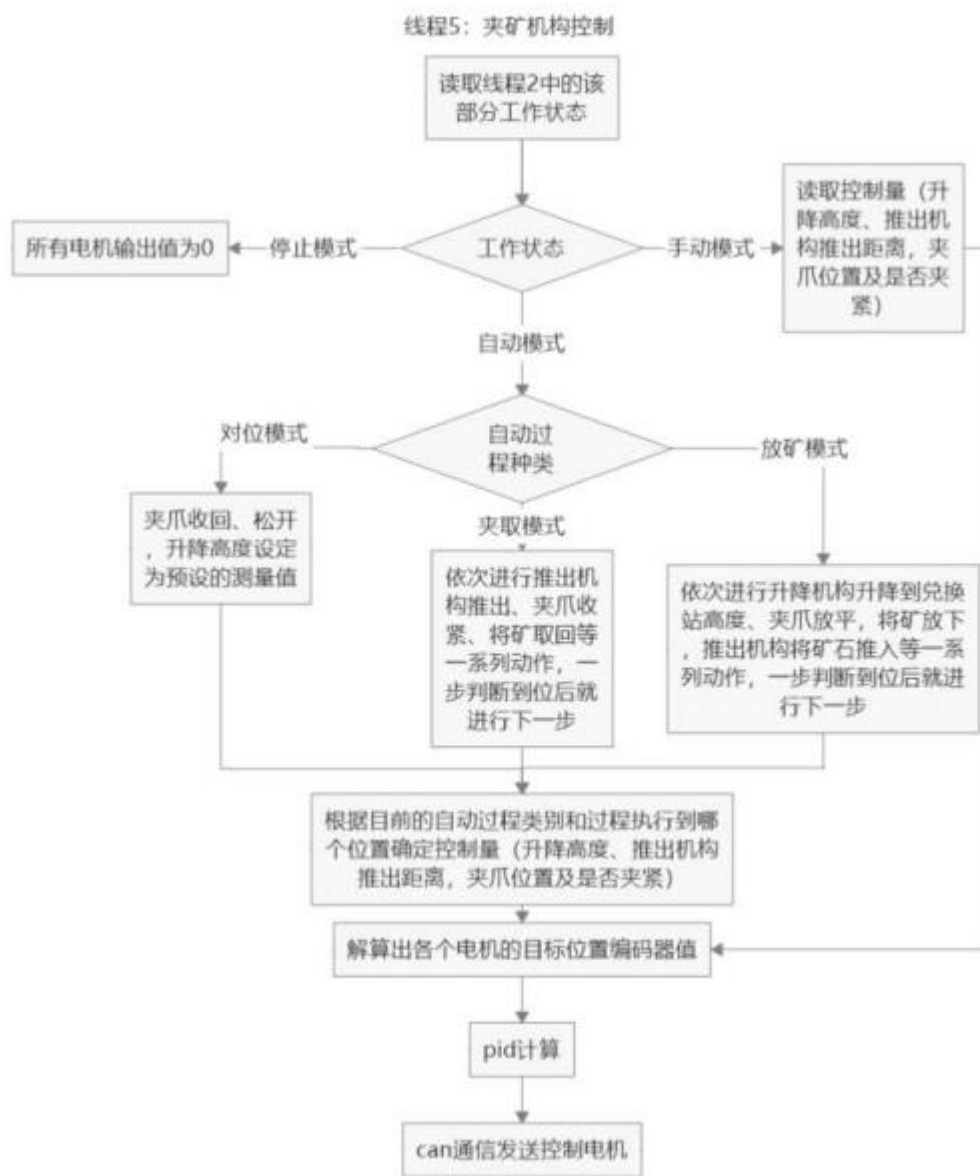
2.3.1 主要控制模块

工程机器人的主控板使用了 RoboMaster 提供的开发板 C 型，调试软件为 STM32CubeMX 与 keil5，整体程序框架基于 Freertos 进行开发。经过比较我们选取了某款无线调试器来进行测试，能减少调试人员的移动，同时在调试过程中与机器人保持安全距离。整体功能调试从底层开始，先实现一个一个的功能，然后将其组合起来连续过程，最后整体进行优化以提高工作效率和稳定性。

2.3.2 整体控制逻辑框图

整体控制逻辑以及具体各线程所实现的功能如图所示。





2.3.3 人机交互软件设计

该机器人图传位置设计在车体靠边缘的位置，为减小高速直线运动中冲撞到场地和其他机器人的可能性，利用自定义 UI 的绘制直线功能绘制的车身边缘指示线。同时自定义 UI 中也包含了机器人的工作状态，包括是否正常运行在自动取矿模式等，对操作手起到提示作用，帮助操作手掌握机器人所处的状态。从而更快地作出反应。同时机器人基本实现了取矿、放矿过程的半自动化、一键化。取矿半自动化实现的方式为在取矿模式时，程序控制机器人依次进行升降机构移动到指定高度、推出机构推出、夹爪夹紧、夹爪翻转将矿抽离大资源岛，收回夹爪等一系列动作，判断一个步骤执行到位后就进行下一步，直到整个过程完成或过程被操作手手动停止，机器人状态被切换回手动模式。

2.4 算法方案

2.4.1 总体算法

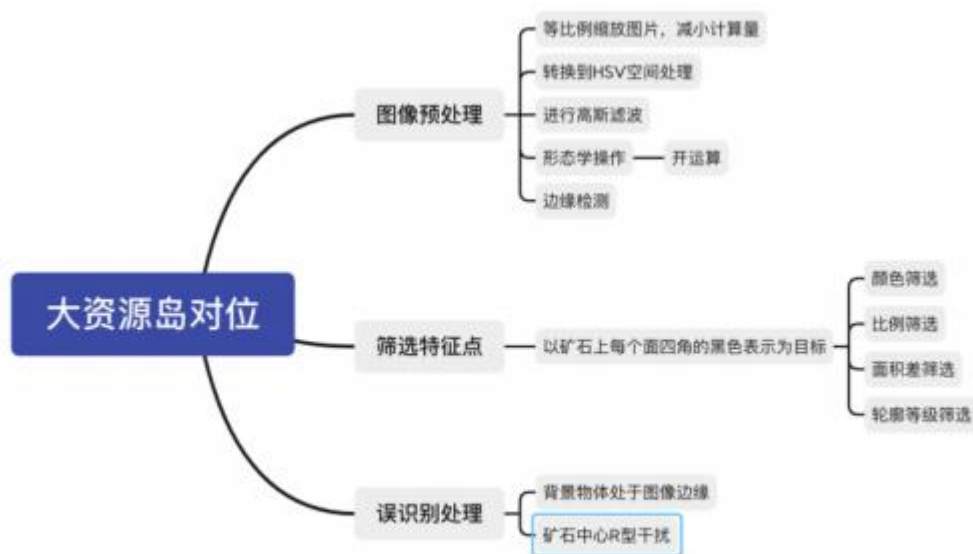
对图像形态学操作后寻找轮廓，根据面积和长宽比例对轮廓外接矩形进行筛选。实现工程机器人对位，同时考虑矿石的姿态可能会与下落前不一致的情况。

释放前 3 秒：白灯快闪（3HZ），所以考虑帧差法识别指示灯闪烁，判断将要释放的矿石。

帧间差分法：一种通过对视频图像序列中相邻两帧作差分运算来获得运动目标轮廓的方法，它可以很好地适用于存在多个运动目标和摄像机移动的情况。当监控场景中出现异常物体运动时，帧与帧之间会出现较为明显的差别，两帧相减，得到两帧图像亮度差的绝对值，判断它是否大于阈值来分析视频或图像序列的运动特性，确定图像序列中是否有物体运动。

对于地上和资源岛上的矿石，考虑两个摄像头。

2.4.2 大资源岛算法对位简述



大资源岛视觉对位逻辑导图

（一）图像预处理

- 1、HSV 颜色分离：矿石具有比较鲜艳的黄色，转换到 HSV 空间很容易通过明度特征筛选出大面积的矿石区域
- 2、高斯滤波：此时仍有细小噪点和高频噪声，选择使用高斯滤波消除高频噪声

3、形态学操作：对图像进行开操作，填补背景和矿石部分的空洞

4、边缘检测：考虑运行效率和实际效果，采用 Canny 边缘检测算法，得到拥有父子逻辑的轮廓

（二）筛选特征点

1、比例筛选：当摄像头正对矿石时，矿石一个面上四个角特征点都可以看作正方形，为了维持鲁棒性，给予比例筛选一定的宽容度，即：当框选矩形的长宽比在 $[0.9, 1.1]$ 范围内时认为得到了理想的特征点。

2、面积筛选：注意到矿石的特征点是一个 L 型，则外围矩形的面积和轮廓围起的实际区域会有面积差，根据面积差可以确定选择的轮廓是否为 L 型目标。

3、轮廓等级筛选：矿石中部的 R 型标志常被误识别，通过判断该轮廓是否为最里层轮廓，从而填补 R 内部空白，然后进入比例筛选环节将其排除掉的方式解决误识别。

4、图像边缘误识别：当背景中的黄色与图像边缘接触时，会出现比例、面积都符合筛选条件的情况。考虑工程车在实际夹取矿石时工作情况相对稳定，与地面保持平行，则对于筛选出的所有特征点进行图像 Y 方向的排序，选择处于预设 ROI 区域，且 Y 坐标差异不大的特征点。

2.4.3 视觉部分代码设计

代码的设计遵循 C++语言的基本原则：封装、继承、多态，设计框架时采用两个类分别管理“矿石检测器”和“数据收发器”

类说明：

1、Mineral 类

（1）生存空间：从程序开始执行直到程序结束

（2）类功能：创建一个内存占用小的“矿石检测器”，不断从摄像头读取图像，进行上述算法的相关处理，得到当前工程车位置距离矿石中心点的误差。

2、DataManager 类

（1）生存时间：从程序开始执行直到程序结束

（2）内存管理：使用 PIMPL 方法，将数据封装在外部结构体中，类仅持有指向结构体的智能指针，每次 Mineral 计算出误差后由“数据管理器”创建新的结构体，并将其通过串口发

送给单片机。由于结构体被智能指针管理，不会出现内存泄漏问题。

2.4.4 单片机与 MiniPC 通信

单片机通过 USART 串口通信与 MiniPC 进行通信，并通过 CH340 芯片转换成方便 MiniPC

使用的 USB 信号。MiniPC 向单片机发送数据时，为保证数据块的正确传输，分别在每一个数据帧开头和结尾设置数据校验位，接受端核验帧头帧尾后方可使用。单片机收到 MiniPC 实时发送的如上格式的信息后，会自行验证验证格式是否正确，若正确则将其中矿石中心与夹爪的距离（error_x）作为控制量输入到底盘控制的模块中以实现对其掉落矿石的对位。单片机向 MiniPC 发送数据时，特地在数据格式中设置了一个状态位来表明当前工程机器人功能状态，MiniPC 上的程序设计会使得视觉部分工作状态随单片机传输过来的信息而改变，从而在大资源岛对位、小资源岛对位、自由行驶模式间实现切换。

MiniPC 向单片机发送数据格式

单片机向 MiniPC 发送数据格式

```
//发出去的结构体
typedef struct _SendData {
    uint8_t start_flag;           //帧头是's'
    uint16_t error_x;             //矿石中间点和图像中心点（车正中心）的偏差
    uint8_t direction_x;         // 'l'表示在图像视野左侧，'r'表示图像在视野右侧
    uint8_t is_error_data;       //标志本次是否为错误数据
    uint8_t is_standard;         //图像x方向是否对齐（线是否水平）
    uint8_t end_flag;           //帧尾是'e'
} SendData;
```

MiniPC 向单片机发送数据格式

```
typedef struct _MineralData{
    uint8_t start_flag;
    uint8_t type;
    uint8_t start;
    uint8_t end_flag;
}MineralData;
```

单片机向 MiniPC 发送数据格式

2.5 测试方案

由于横移线驱动是我们战队的首次使用，因此在线的终端固定以及涨紧问题上我们进行了多方案的设计以及测试。

具体细节上，由工程机械负责人出一代线驱图纸，发加工、组装后交给电控调试；电控调试 之后将结果反馈给机械组，机械组再根据测试结果进行改进。依次反复得到满足需求的产品。

其次在伸出方案上，我们也进行了相应的测试和迭代，最后选择用气缸伸出代替单侧齿轮齿条伸出，使整个上层的伸出更加快速和稳定；

3. 项目进度复盘

11 月下旬	完成上层结构建模
12 月下旬	完成整车出图
1 月中旬	完成机械部分组装
1 月下旬	完成电控初次调试
2 月下旬	完成图纸迭代和完善（1.5 代）
5 月上旬	（由于疫情）返校完成迭代后机械重组
5 月下旬	第三次机械修改
6 月上旬	分区赛

4. 赛季人力安排复盘

4.1 团队架构设计

角色	职能职责描述	人员要求	人数
机械负责人	负责过程机器人的机械部分设计	要求大二及以上，有机械设计基础、熟练掌握绘图技巧，结构设计思维突出的成员，最好是有比赛经验的正式队员	1 人
机械组队员	负责辅助工程机器人的机械设计	要求大二及以上，有机械设计基础、熟练掌握绘图技巧，对工程结构熟悉	4 人
电控负责人	负责工程的软件和算法部分的整体方案设计以及工程机器人取矿、救援等操作的测试与调试	要求大二及以上具有软件设计、算法设计能力，能独立完成控制方案设计与执行，最好是有比赛经验的正式队员。	2 人
算法负责人	负责工程机器人的视觉部分	要求大二及以上，拥有一年算法组经验的队员担任，需要为工	1 人

		程的补给、采矿、救援等操作提供视觉自动辅助	
测试组成员	设计并分析升降和夹爪采用不同材料，以及执行不同的取矿方案的难度和可行性，并对数据进行分析从而对机器人优化	要求有创新思维，记录数据严谨且细心；且有独立提出、设计和实现测试方案的能力	2 人
运营组成员	记录并参与工程机器人的设计、加工、装配、测试等过程，采集素材	积极与人沟通，对工程机器人有热情	1 人

4.2 团队建设思路

团队文化的核心在于协作，团结协作才能成就大家共同的目标和方向，从而才能实现和满足团队成员的各自需求，然而有效的团队文化是获得成功的切实保障。“共同的目标”是团队的凝聚力，“相互的信任”是团队的基石，“积极性”是团队前进的力量源泉。

1、团队文化应“明文化”

没有经过系统总结并最终表现为一段明确文字的“文化”，不能称之为文化。非明文化的状态依然是一种“行为习惯”的状态。真正能够使人的头脑发生改变，建立稳固的思维模式的关键途径是实现“明确语汇”的认知与认可。这种明文化的文化一旦为团队成员所认可，即能产生一种类似于“承诺”的力量。

2、文化应与团队的业务建立联系，文化应该是可实践的文化团队文化建设不是空中楼阁，它是团队建设的一部分。打造团队文化的目的依然是为实现团队目标服务。团队文化绝不是口号，而应是团队的行动指南。所以团队文化的确立，必须以团队业务甚至团队的产品为基础。什么样的业务，什么样的产品，什么样的组织模式，就应该有与之相应的团队文化。应避免确立过于宽泛、过于抽象、过于宏大的团队文化。

3、宣讲及理解是关键

因为团队文化是一种思维模式的总结抽象，那么如何理解以及如何实践，就必定有一个吸收的过程。尤其是对于团队的新成员，基层成员，他们对团队文化的理解最浅，同时他们的行为违背团队文化的几率又最高，所以，对全员的宣讲及提升理解度的活动是团队文化是否牢固的一个关键。

4、团队文化应“知行合一”打造团队文化的主要意义在于其对实践的指导性 & 提供一个明确的价值判断标准。所以，团队文化的工作不仅在“知”，更应在“行”，即要做到“知之真切笃实，行之明觉精察”。一个明确、牢固而又符合业务实际的团队文化形成后，能够形成强大的精神力量，提升团队的执行能力。同时，因为它的价值判断特性，还能通过规章制度的修订的方式，纠正我们的团队行为，形成一个完整的改进循环。那么，在这些建设这些文化的过程中，我们又应如何具体实现呢？

一、营造愉快和谐的工作环境营造愉快的工作氛围，是搞好团队建设的基础。愉快和谐的工作环境使每个成员在战队中不但干得好，还干得开心，从而不断增强凝聚力。战队平时组织成员打球，爬山，团建等集体活动，既可以增进队员之间的感情，也可以放松他们的压力。

二、创建和谐团队

1、有效沟通, 相互尊重

有效的沟通可以使团队建设中上情下达、下情上达，促进彼此间了解，使大家心情舒畅，从而形成良好的工作氛围。各小组的每个成员间必须相互尊重、彼此理解，否则，小组内部都将无法有效沟通那又如何对其他小组进行有效沟通呢？不同小组之间也要相互尊重，对其它小组需要配合的工作积极配合。人们只有相互尊重，尊重彼此的技术和能力，尊重彼此的意见和观点，尊重彼此对战队的贡献，团队才能更加友好和谐相处，才能提高工作效率。

2、确立目标，分解计划

首先队长要提出团队目标,然后将目标分解,细化,同时通过组织讨论、学习,将每个队员明确分工,并做好监督管理工作,大家统一朝着目标努力,从而更加容易达到目标。

3、明确规范,严格执行

衡量一个团队管理是否合格的一个重要标志就是制度、流程是否被队员了解、熟悉、掌握和有效执行,执行过程中是否有监督和保障措施。让队员熟悉、掌握各类制度、流程、不但是保证工作质量的需要,也是满足团队长远发展和队员快速成长的需要。

4、加强培训,提升队员素质

培训能使队员对团队文化和目标有深刻的体会和理解,能培养和增强队员对战队的认同感,通过培训提高队员各方面的素养和专业技术水平,从而达到入队资格要求使团队和个人双方受益。

5、建立公平的激励机制,不断激发队员进步。

激励可以调动队员的积极性,促进队员成长,让队员在工作中表现地更加出色。每个队员都希望通过努力学习,能得到提升的机会。

三、后期一些活动策划

为了加强团队凝聚力、带动队员的积极性,我们也会在备赛过程中准备一些团建活动,用于调动队员的活力,也能让长期处于紧张状态的队员们有一个放松、愉悦的快乐时刻。

1、节假日小团建

由于学业和战队的一些任务,也因为学校到家的遥远距离,很多队员在节假日并不能回家和家人一起度过。而我们会在这些特殊日子里举办一些小型团建,为这些“无家可归”的队员们带去一份快乐与温暖。也能够促进队员们的感情,增进团队的凝聚力。

2、大型团建

在每一个赛季,我们都会面临人员的更换和交替,团队不可避免的会出现新面孔,队员间也会有尴尬与陌生。而为了更好的让新队员融入,也让老队员快速熟悉新队员的面孔,我们也会在每个赛季组织一到两次的大型团建活动,以此来拉近新旧队员间的距离,也让团队中每个人都有对团队的归属感。

5. 预算复盘

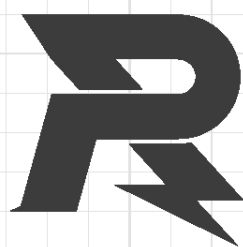
类目	子类目	费用	说明
研发耗材	机械部件	13271	数量：若干 费用估算逻辑：一代图纸估计，加上迭代费用。
	硬件部件	12460	
	工具相关	2000	工具多为往届队员遗留，需求较小
比赛差旅	餐饮住宿以及租车费用	6000	仅考虑单项赛参赛队员
其他			

6. 技术方案参考文献

华南理工大学+华南虎战队+2022 赛季规划:

附录 学术创新成果

内容	性质	是否发布
工程链条测试	测试数据	未发布
工程摩擦轮转矿测试	测试数据	未发布
工程链条测试	测试数据	未发布
框架 FreeRTOS	技术文档	未发布
2022 电控框架说明（C 语言版）	技术文档	未发布
框架初始化流程与层级结构	说明文档	未发布



邮箱: robomaster@dji.com

论坛: <http://bbs.robomaster.com>

官网: <http://www.robomaster.com>

电话: 0755-36383255 (周一至周五10:30-19:30)

地址: 广东省深圳市南山区西丽镇茶光路1089号集成电路设计应用产业园2楼202