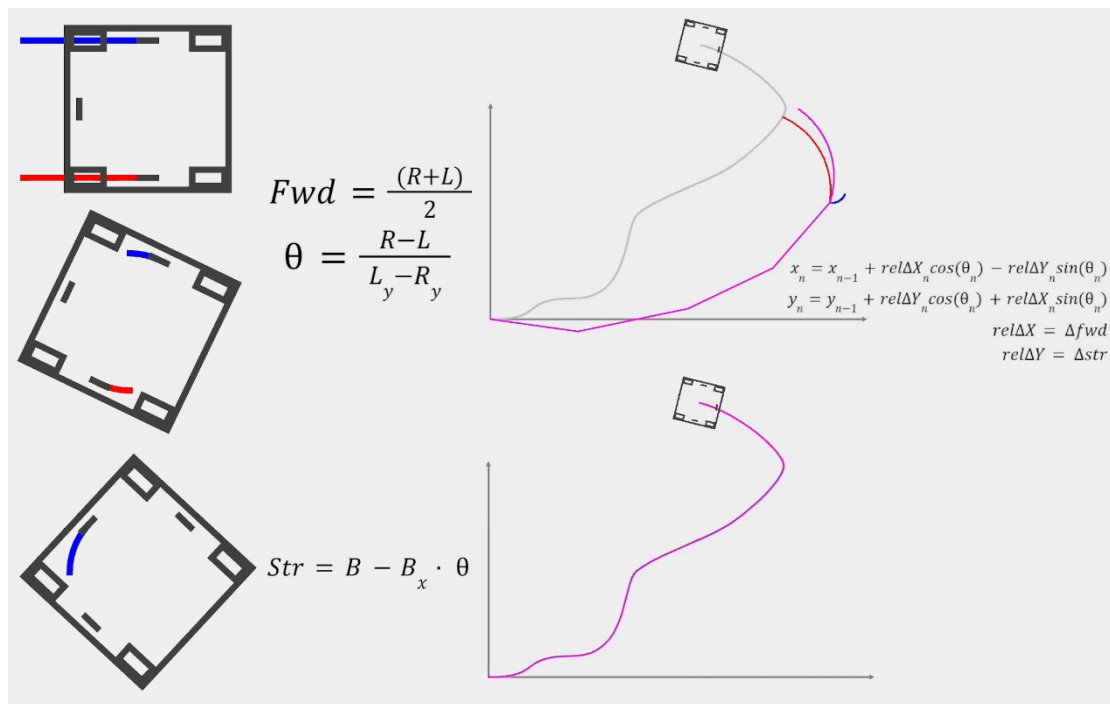


软件部分

从动轮导航系统

基本原理



我们使用了从动轮来感知机的运动，计算机器的位置、速度、加速度等

每个从动轮上都配有编码器，可以读取从动轮转了多少圈，以此推算出从动轮的位移

但是，从动轮的位移并不一定是机器的位移，机器的旋转也会让从动轮转动，这就会造成误差，因此我们设计了一下的解决方案：

- (i) 计算竖直方向位移：使用对称、平行排列的竖直从动轮求平均值消除机器旋转带来的误差

$$\text{竖直平移量} = \frac{\text{右轮移动量} + \text{左轮移动量}}{2}$$

- (ii) 计算旋转：左右从动轮相减得出旋转量

$$\text{旋转量} = (\text{左轮移动量} - \text{右轮移动量}) \times \text{比例 } k$$

接下来，进行微分/积分就可以得到机器的位置或速度

- (i) 计算速度：对机器平移进行微分

$$\text{机器速度} = \left(\frac{d\text{平移量}}{dt} \right) \text{机器朝向}$$

- (ii) 计算平移量：对机器位移进行路径积分

$$\text{机器位置} = \int d\text{平移量} \text{机器朝向}$$

校准方式

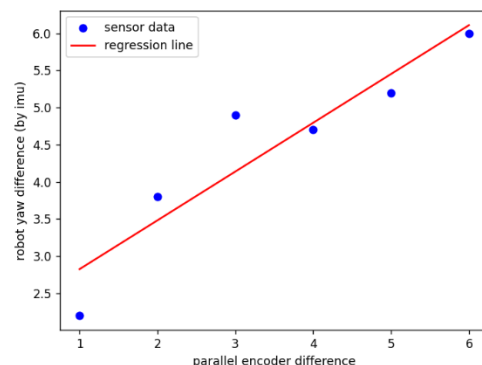
绝大多数队伍在使用从动轮时，需要知道

三个轮子之间的确切相对位置，然而，机

器在制作时存在公差，并不能保证精确。

所以，我们写了一套校准程序，直接测量

机器的读数，并画出回归线，以此测算出正确的参数



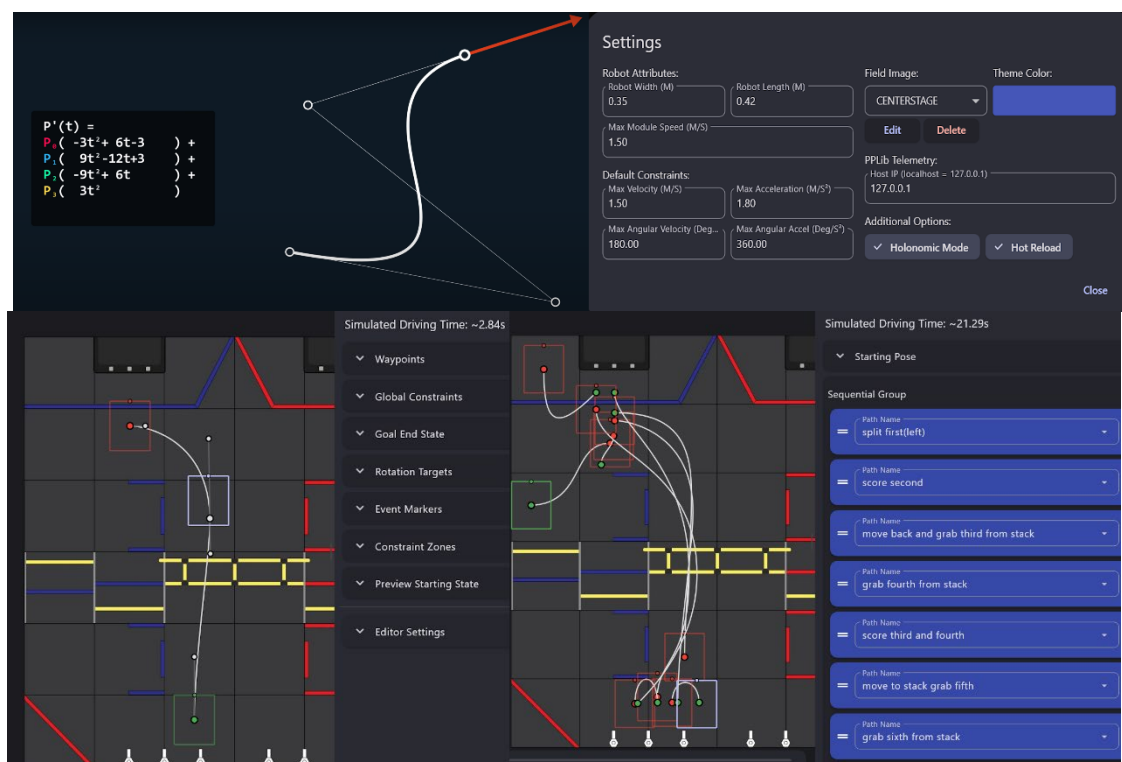
自动阶段路线行走

为了使得机器可以在自动阶段精准地完成指令，我们魔改了 FRC 队伍 3015 的开源工具 Path Planner，对比传统的自动阶段编程，使用 pathplanner 进行路线设定有以下好处：

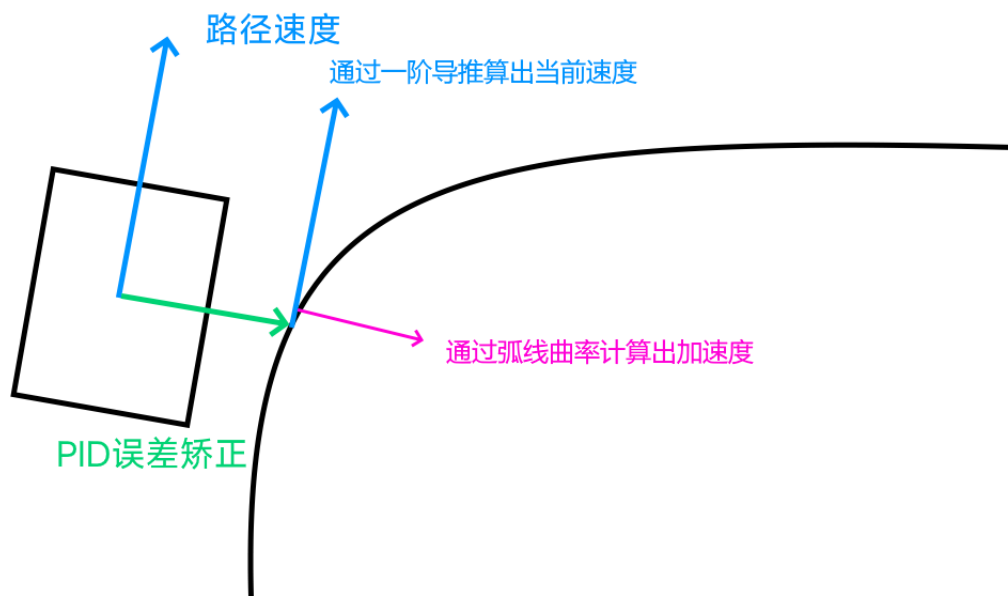
路径由贝塞尔曲线生成，保证机器移动丝滑流畅，且可以通过微调控制点精准控制走线轨迹

内置物理引擎，即使没有训练场也可以模拟出机器走线过程，甚至可以计算出确切的完成时间。

用户友好 gsui 界面，初学者也可以快速编辑自动



制定出精确的路径后，我们使用了一套创新的 pid 算法来控制机器，使其可以精准的跟随路径，具体原理见下图：



$$a = \frac{v^2}{r}$$

另外，我们的机器在跟随路径时，加入了速度曲线来使过程更加流畅。

自动阶段自主决策系统

绝大多数的机器在自动阶段只会执行预设指令，除了一开始的识别导航之外，其余一切动作都是按照设定的路线执行。

而我们在自动程序架构上作了创新，我们的自动程序由若干个命令块组成，每个命令块包含**触发条件**、**路径生成函数**、**终止条件与上层结构指令**构成，详细

如图 1:

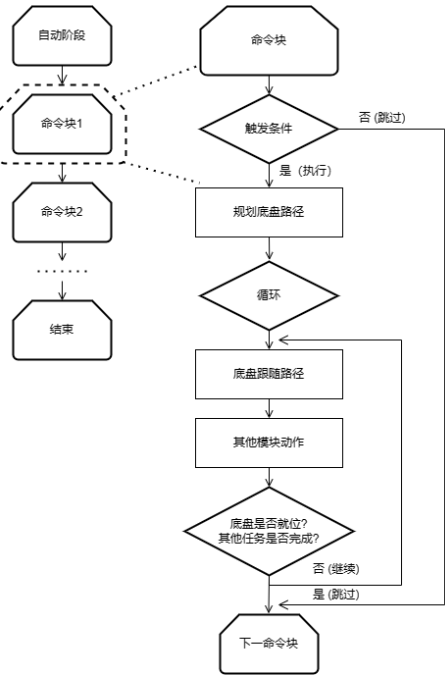


图 1

例如，自动阶段导航（放置紫色

像素）我们是通过图 2 及图 3 中的程序实现的。除了基础的导航任务，用这套

程序架构我们还可以做出很多功能，例如，当我们夹取一个像素堆失败后，机

器不会浪费时间去背景板放置，而是会直接夹取下一个像素堆。

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

public class SequentialCommandSegment : MonoBehaviour
{
    public bool isTriggered;
    public Vector2D splitFirstPosition;
    public Vector2D splitLastPosition;
    public Vector2D[] pathPoints;

    void Start()
    {
        isTriggered = false;
        splitFirstPosition = new Vector2D(0, 0);
        splitLastPosition = new Vector2D(0, 0);
        pathPoints = new Vector2D[0];
    }

    void Update()
    {
        if (isTriggered)
        {
            // Triggered, execute the path
            // ... (path execution logic) ...
        }
    }

    void OnTriggerEnter2D(Collider2D other)
    {
        isTriggered = true;
    }

    void OnTriggerExit2D(Collider2D other)
    {
        isTriggered = false;
    }
}
```

图 2(上)

图 3(下)

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

public class SequentialCommandSegment : MonoBehaviour
{
    public bool isTriggered;
    public Vector2D splitFirstPosition;
    public Vector2D splitLastPosition;
    public Vector2D[] pathPoints;

    void Start()
    {
        isTriggered = false;
        splitFirstPosition = new Vector2D(0, 0);
        splitLastPosition = new Vector2D(0, 0);
        pathPoints = new Vector2D[0];
    }

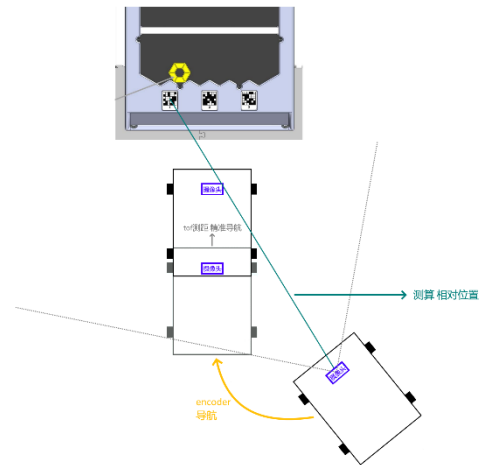
    void Update()
    {
        if (isTriggered)
        {
            // Triggered, execute the path
            // ... (path execution logic) ...
        }
    }

    void OnTriggerEnter2D(Collider2D other)
    {
        isTriggered = true;
    }

    void OnTriggerExit2D(Collider2D other)
    {
        isTriggered = false;
    }
}
```

自动瞄准系统

在手动阶段，驾驶员自行控制机器接近目标并放置 pixel 需要很多时间反复微调，还可能出现失误，操作不慎撞上目标。于是，我们设计了一套集编码器、智能摄像头和 TOF 距离传感器三种感知方式为一体的自动瞄准系统，实现自主瞄准功能。



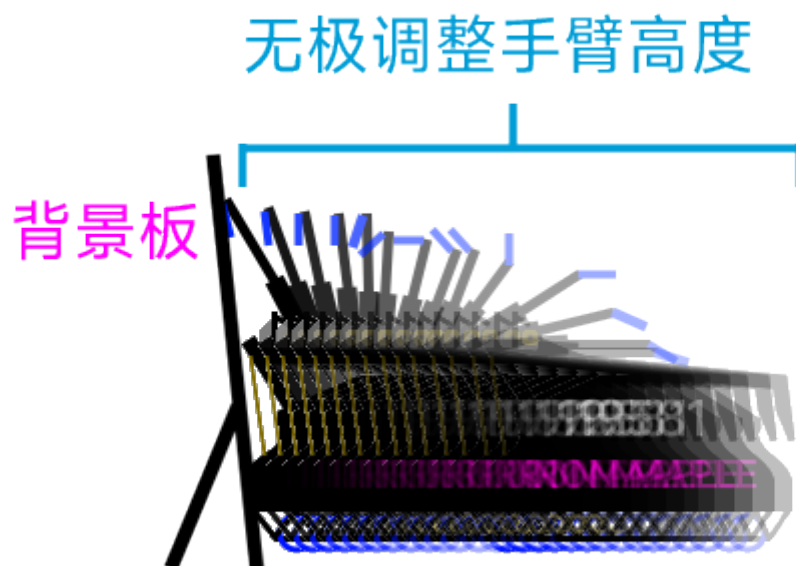
第一阶段：自动接近 当驾驶员按下手柄上的自动瞄准按键，机器会首先通过智能摄像头计算出目标的大概位置。但是，智能摄像头存在延迟、帧率较低、容易丢失目标等问题。所以，这期间底盘会用从动轮编码器感应自身位置，用 PID 算法移动到目标前面，同时正对目标。

第二阶段：自动贴合 当机器到达目标面前，tof 距离传感器启动，感知目标距离；而智能摄像头则负责感应目标的水平偏差。机器会在 0.7 秒内完成自动贴近目标

第三阶段：微调位置 当机器完全贴近目标，驾驶员通过手柄选择具体瞄准位置。程序会自动保持与板子的距离（精度 $\leq 1\text{cm}$ ）并调整机器水平位置直到完成瞄准。

目前为止我们能够实现三个阶段总共用时**不到 4 秒**

新功能：手臂高度无级调整 当机器已经完全贴合背板后，手臂可以根据操作手的指令无级调整像素放置高度。操作手只需决定放置高度，程序会自动计算出对应的底盘距离、手臂角度、伸展长度与舵机位置，并实时进行调整。

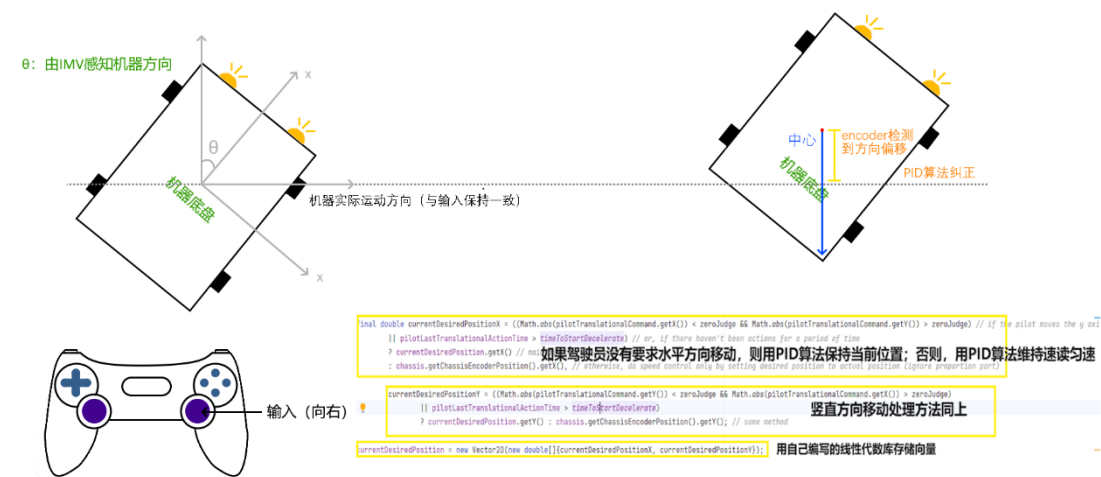


手动阶段精准控制

有了从动轮提供的导航信息，我们建立了一套兼顾灵活、精准、易用的控制系统。这套系统的核心是动态轨迹纠正系统

当驾驶员输入移动命令后，系统首先根据自身 IMU 获取的方向对驾驶员输入进行变换，无论机器朝向，机器的移动方向永远和驾驶员参照系的方向一致。这个功能简称“无头模式”

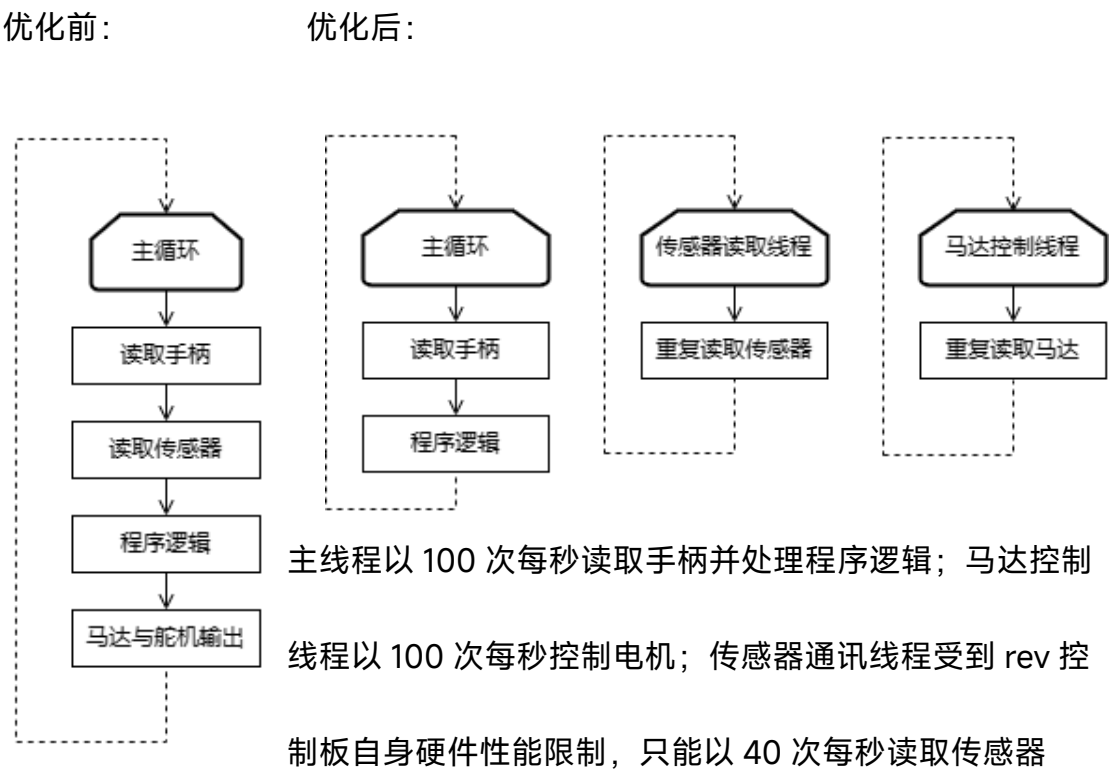
而且，机器在运动途中，从动轮会实时监测机器的实际运动，如果与驾驶员的输入存在误差，会用 PID 算法进行校正，使机器走一条直线



程序优化问题

一般来说，FTC 机器的程序以单线程运行，机器依次读取传感器、处理程序逻辑、对电机进行控制。

但是当机器有太多功能时，这样做会导致程序延迟过高，于是我们将程序分成三个线程执行，如下所示：



在这种情况下，我们成功将操作延迟从 50ms 降低至 10ms，并将 PID 的更新速率从 20 次每秒提升至 40 次每秒，大大提升了机器的流畅度