

V1.0

Using a SE-06 motor driver chip and Field-Oriented Control (FOC), the RoboMaster D20 Brushless DC Motor Speed Controller enables precise control over motor torque.

Embodied designed for the RoboMaster M6005 P10 Brushless DC Gear Motor and D20 Brushless DC Motor Speed Controller, this M6005 Accessory PCB includes power cables and a terminal board.

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

Six M6005 Accessory PCB includes power cables and a terminal board, covering a complete auxiliary system solution for the independent robot.



ROBOMASTER 2021

高校系列赛

激光测距云台开源文档

凌BUG战队 千万编制
2021年8月

目录

使之为何

战术更新

曲线救国

探索未来

原理实现

弹道计算

云台设计

代码实现

参考文献

参考文献

特别感谢

请注意：

1. 本开源仅限于 RoboMaster 各参赛队之间技术交流使用，不得用于任何商用行为。
2. 大连理工大学凌 BUG 战队享有本开源的最终解释权。

使之为何

战术更新

2021 赛季的英雄机器人或多或少的失去了以往大哥的雄风，转而变成了远距离开火的老六，这也意味着英雄机器人将更多的向中远距离固定靶开火，而在这种情况下似乎只需要测得距离就可以实现精准打击，而自动跟随等功能似乎可以暂时略过。

曲线救国

视觉自瞄需要对每辆车进行差异化适配，对于视觉组提出了较高要求。在本队视觉组严重缺乏人手，无法为英雄调教自瞄的前提下，电控组决定自谋生路，研制一款具有广泛适配能力的自瞄替代品。

探索未来

英雄电控组一直在探索多种传感器协同配合，本激光云台是本组探索的第一次实装，对本组开发云台、配置传感器起到重要积极作用。

原理实现

弹道计算

队员在查阅弹道计算相关资料后，发现弹道学知识并不完全适合 RoboMaster 比赛，因此决定将模型重新规划为带有空气阻力(小速度视作流体 $f = -kv$)的抛体运动。

结合比赛真实情况，团队认为弹道理想函数应该为以下形式：

$$\theta = f(V_0, d_x, d_y, k)$$

θ 是函数的因变量，表示弹丸击打指定点时炮管的对水平角度。

自变量 V_0 是弹丸的初速度。

自变量 d_x, d_y 分别表示目标在水平、竖直方向上到两摩擦轮中心的距离。

k 是流体阻力系数，将其列为自变量是为了方便适配不同弹丸。

推导该公式首先需要在 x 、 y 分量列出速度相对时间的微分参数方程，阻力体现在加速度中； x 、 y 分量各自相对时间积分后，得到关于时间的参数方程；约去时间，便

可以得到目标方程。

关于时间的参数方程

$$\begin{cases} d_x = \frac{mv_0 \cos \theta}{k} \left(1 - e^{-\frac{kt}{m}}\right) \end{cases} \quad (1)$$

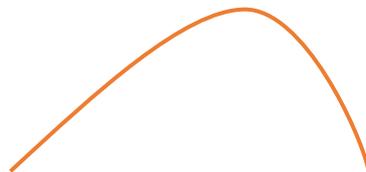
$$\begin{cases} d_y = \left(\frac{m^2 g}{k^2} + \frac{mv_0 \sin \theta}{k}\right) \left(1 - e^{-\frac{kt}{m}}\right) - \frac{mg}{k} t \end{cases} \quad (2)$$

目标方程

$$d_y = \frac{mg d_x}{kv_0 \cos \theta} + x \tan \theta + \frac{m^2 g}{k^2} \ln \left(1 - \frac{kx}{mv_0 \cos \theta}\right) \quad (3)$$

根据我们小学二年级就学过的函数的知识，目标方程很显然是一个超越方程，这是由于不知道地面方程导致的。这也从侧面提示着我们，如果参数足够，任意点指哪打哪是完全可行的。

为了求得 θ ，首先我们需要了解这个函数更多的特性。



这是一段弹道，射点和落点都在水平线上，其有如下四个特点

(1)降弧比升弧陡

(2)升弧线水平距离大于降弧段水平距离

(3)升弧线飞行时间小于降弧段飞行时间

(4)顶点速度 $v_s = \frac{X}{T}$

这些性质有助于帮助我们优化弹道，但有一点我们需要格外注意，那就是单调性。弹道函数是多维的，因此可以有多种弹道，但是通过上述四个性质，我们可以推断，为了尽量减少扰动，飞行时间应当尽量小，这就需要顶点速度尽量大，也是上升段和下降段尽量小。额外的，我们还需要注意落点大、小弹丸 8m/s 和 12m/s 的法向速度。

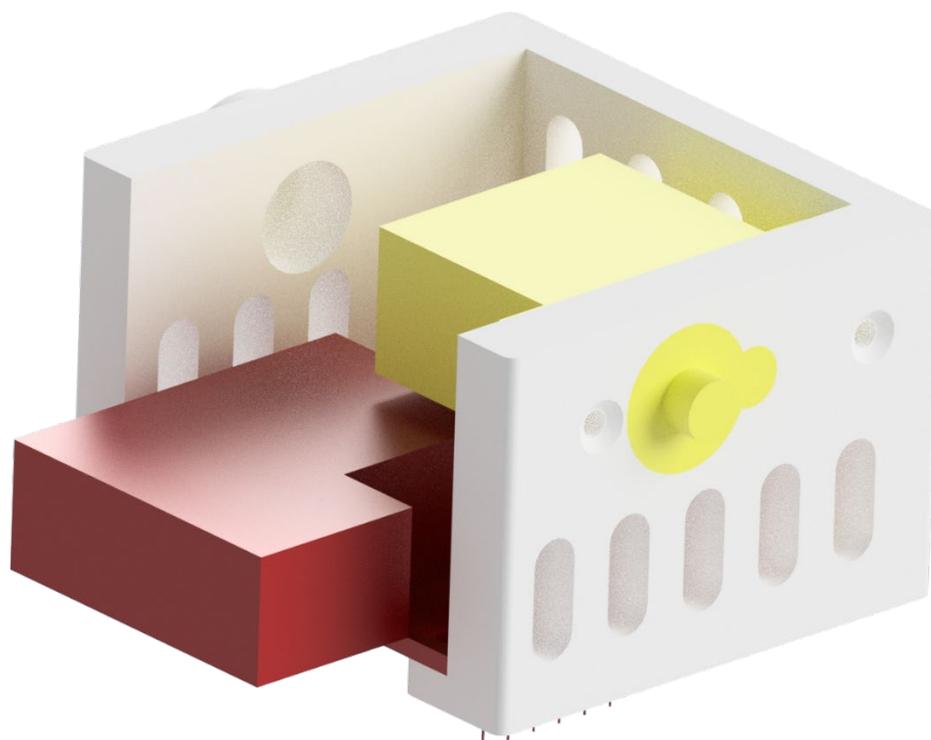
让我们回到解算 θ ，我们需要逼近真实的 θ 。我们将假设的 θ 带入(3)式，获得一个计算 d_y ，将其与真实的 d_y 作差，便可以知道误差大小；当误差可以接受时，便求得了 θ ，同时也可以由(1)或(2)计算出飞行时间。

对比牛顿法、梯度下降法后，本人发现端点选取恰当的二分法效率尤其高，这是由 MCU 浮点算力和计算公式优化影响的。

云台设计

为提高激光测距模块的泛用性，其被设计为安装在测速模块激光红点安装位的下挂式云台。同时被赋予一个额外的 Pitch 自由度，以提高更多的操作灵活性。

下图为激光云台底座装配体渲染图：

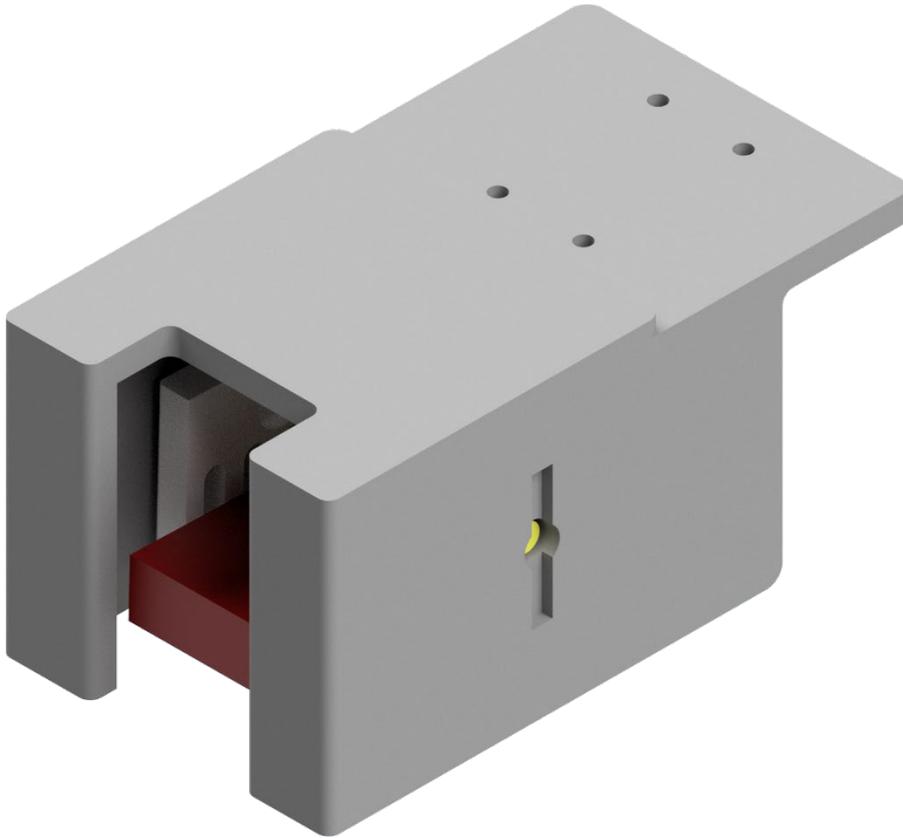


红色为激光测距模块

黄色为舵机

该底座负责承载传感器，同时为了缩小尺寸，也一并安装了舵机来驱动旋转。

考虑云台防弹性与透光性后，对云台支架进行了如下设计：

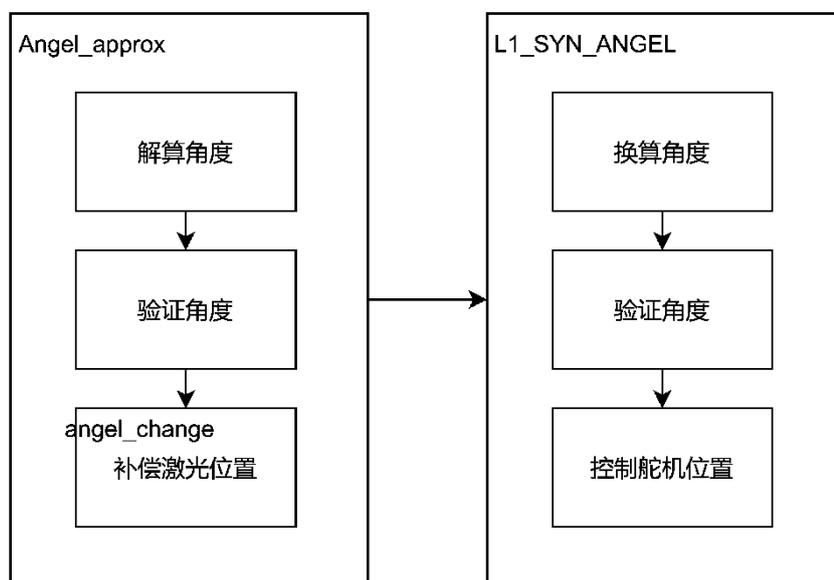


支架上方开孔与测速模块螺纹孔对应。底座与支架通过推力轴承连接。激光传感器前方开孔即保证了激光亮度也减少了折反射对测距的影响。

底座与支架均为 3D 打印尼龙加纤。

激光云台装配体在 RM 论坛一并发布。

代码实现



代码的原理已经在弹道计算说明了，代码的结构如上图所示。代码已上传 GitHub 与 RM 论坛。

在代码文件中，主要展示了 `L1_SYN_ANGEL` 和 `Angel_approx` 两个函数，其分别负责舵机动态控制和角度解算，其间的浮点型运算主要通过 `arm_math` 库实现。两个函数需要的其他参数主要在结构体 `L1_Data` 中，请自行设计函数为其赋值。由于传感器差异性，代码中并没有展示激光传感器通讯相关内容，请自行设计。

参考文献

参考文献

- [1] 周雨青,叶兆宁,吴宗汉.球类运动中空气阻力的计算和分析[J].物理与工程,2002(01):55-59.
- [2] 赵清锋.斜面上抛体运动中位置速度关系的讨论[J].物理教学,2021,43(06):42-44.
- [3] 钱林方.火炮弹道学(第二版)[M].北京:北京理工大学出版社,2016.

特别感谢

南京理工大学 王永佳同学

再次提醒:

- 1.本开源仅限于 RoboMaster 各参赛队之间技术交流使用,不得用于任何商用行为。
- 2.大连理工大学凌 BUG 战队享有本开源的最终解释权。



初心、梦想与纯粹
大连理工大学 凌BUG 千万
2021.8