

# 交叉杆和平行杆差异性分析

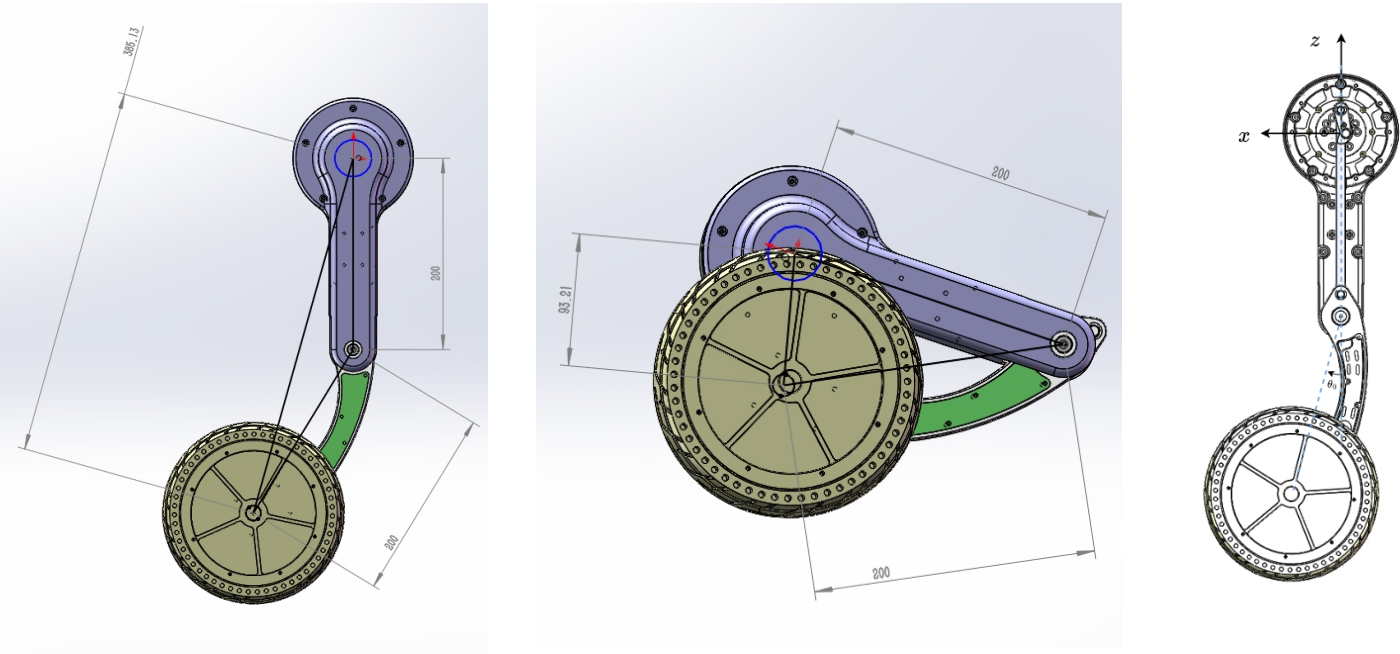


时间：2023/03/17

作者：刘可心

关于交叉杆的具体分析可见下述文档[交叉杆串联腿的运动学与静力学](#)，分析静力学的基本方法基于[此文章](#)。

根据结构限制，大腿和小腿杆长设置为 $L_2 = 200\text{mm}$ ，交叉杆处的杆长为设置为 $L_1 = 24\text{mm}$ ，腿长最高为 $385.13\text{mm}$ ，最短为 $93.21\text{mm}$ ，基于上述运动学分析所对应的膝关节角度kneeangle分别为 $-0.547\text{rad}$ 和 $-2.6712\text{rad}$ 。对于膝关节处的四连杆存在小偏角，如上图所示为 $\theta_0 = 0.2717\text{rad}$ 。基于此数据来展开下述分析。

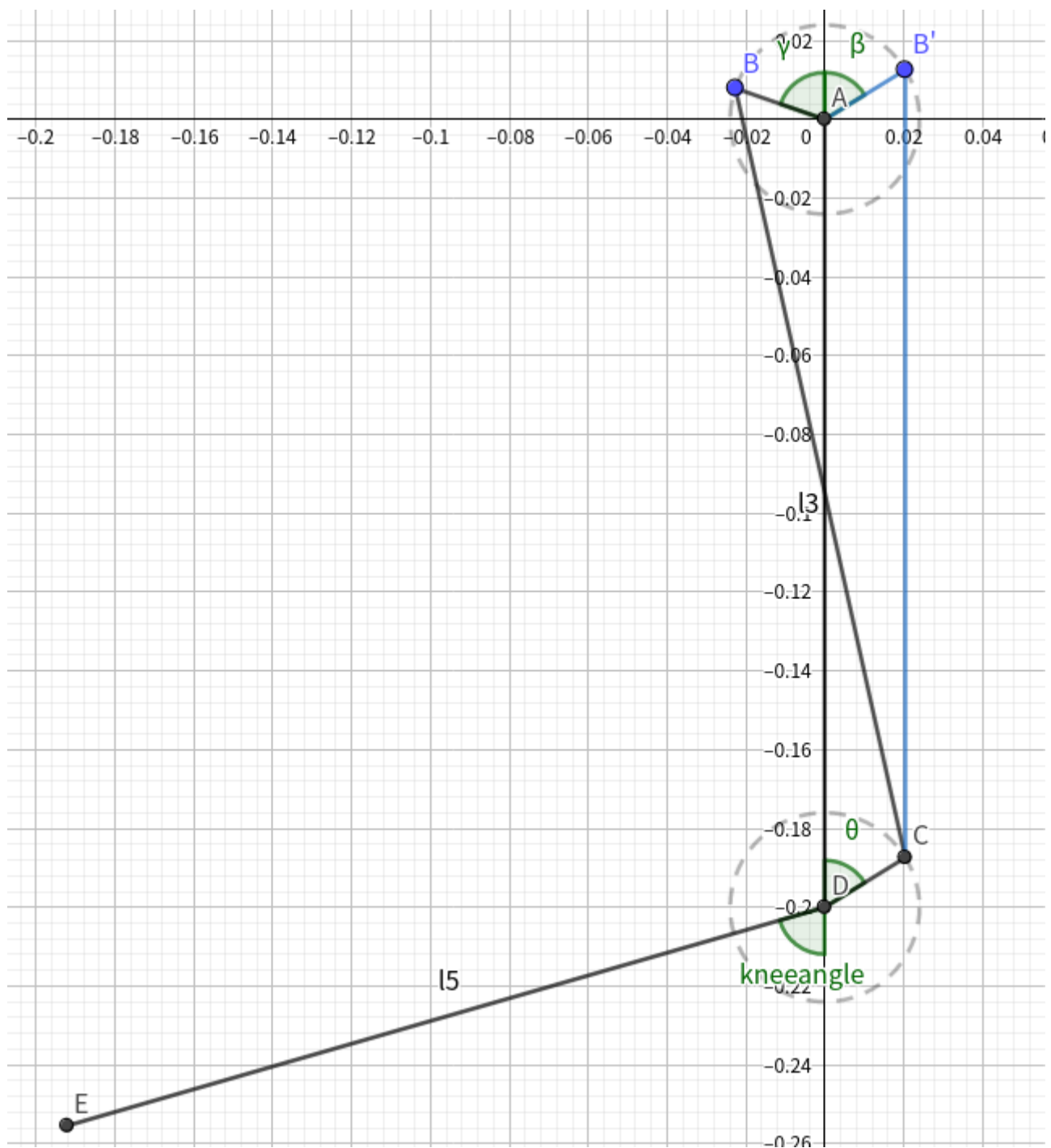


构型展开如下图所示（基于GeoGebra）。图中gamma为电机转过的角度，theta为对应下方膝关节转过的角度，kneeangle对应我们在计算腿长等要素时的膝关节角度（ $\text{kneeangle} = \text{theta} + \theta_0$ ）。基于[交叉杆串联腿的运动学与静力学](#)可以得到gamma和theta之间的关系为：

$$\theta = \gamma - 2\alpha$$

其中：

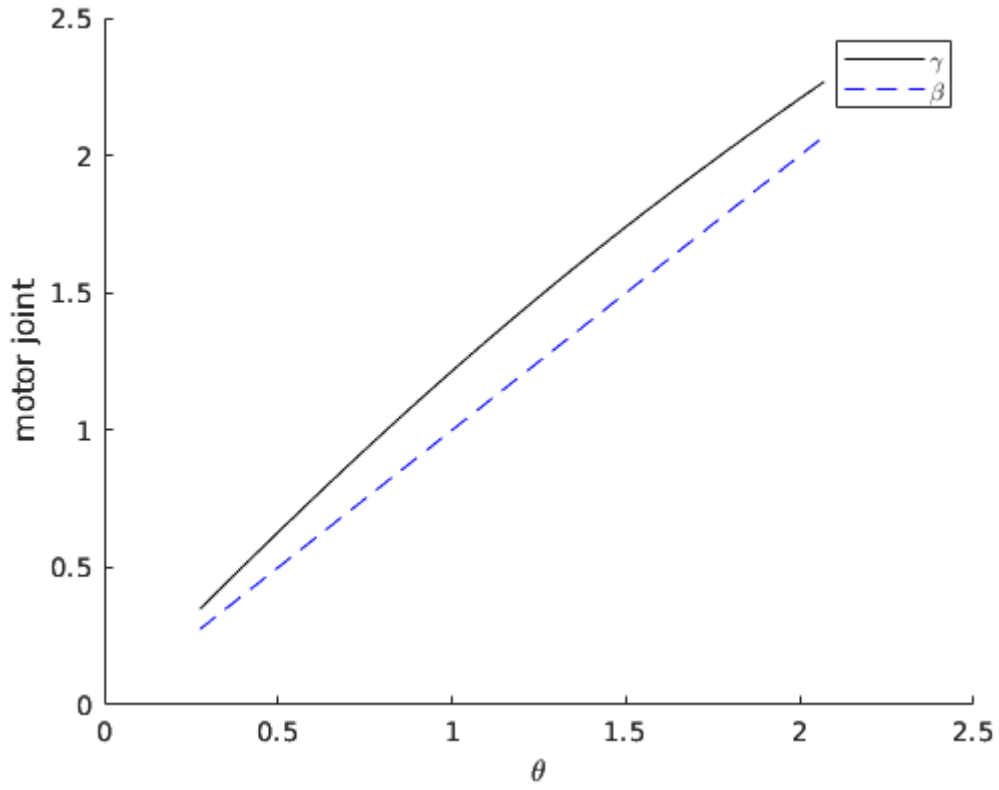
$$\alpha = \sin^{-1} \frac{L_1 \sin \gamma}{vir} \quad vir = \sqrt{L_1^2 + L_2^2 + 2L_1 L_2 \cos(\gamma)}$$



而对于平行杆，如上图中的蓝色线，有：

$$\theta = \beta$$

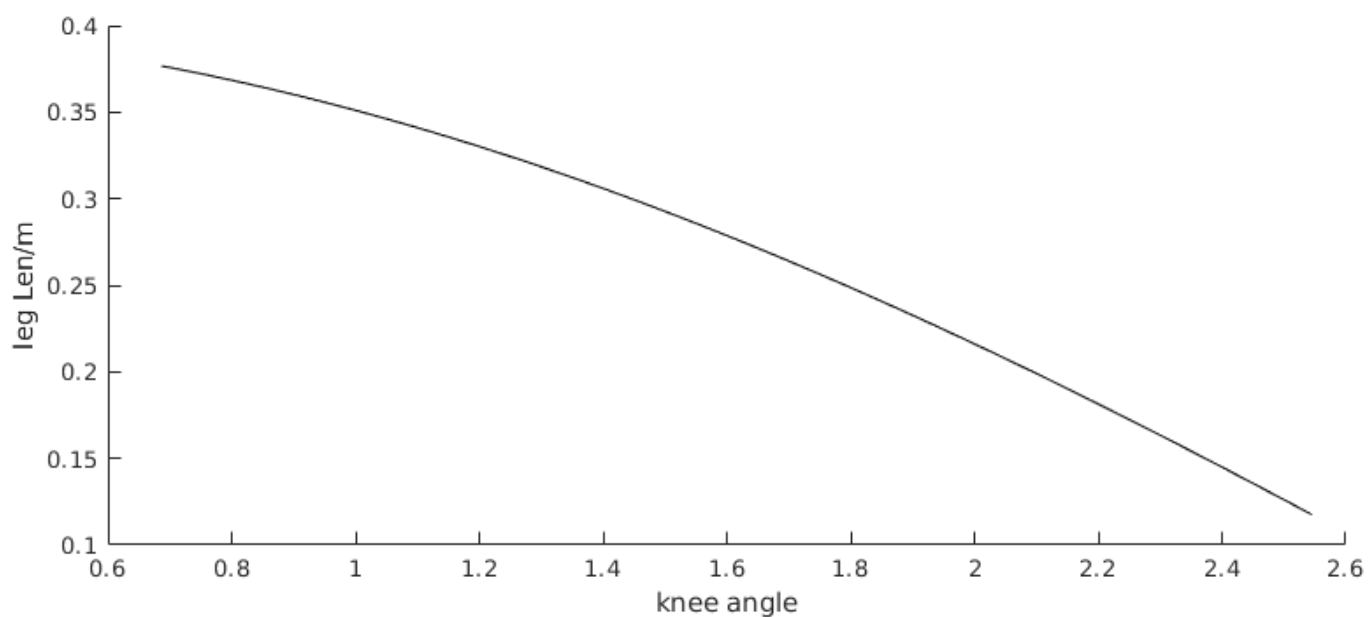
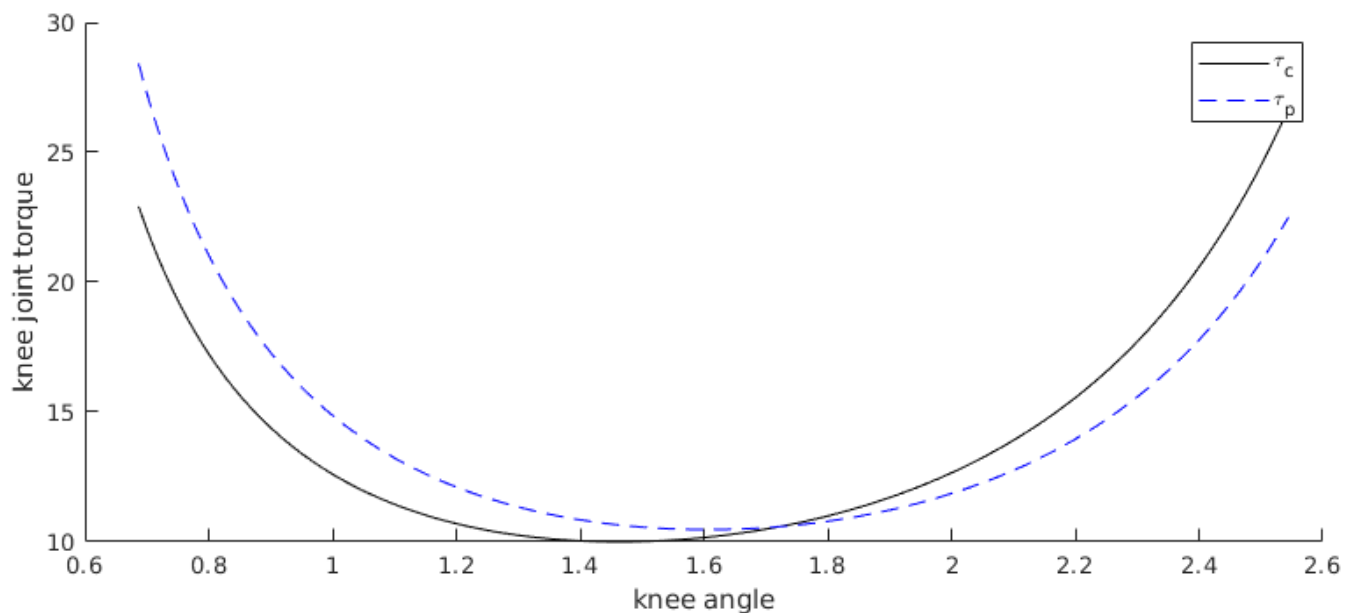
所以可以得到在  $\theta$  空间约束下的与  $\gamma$ ,  $\beta$  之间的关系（理论上， $\gamma$ ,  $\beta$  方向相反，便于观察放在统一象限，下同）



静力学分析：在负载  $F_N$  一定（在本文中为body的重力均分在两个腿上的力）时，膝关节处受力有：

$$\tau = F_N * L_2 * \sin(kneeangle)$$

根据[国交叉杆串联腿的运动学与静力学](#) 此文章中的静力学分析可以得到膝关节角度  $kneeangle$  与膝关节处获得的力矩  $\tau_c$ （交叉杆）和  $\tau_p$ （平行杆）之间的关系：



其中

$$\tau_c = \tau * \sin(\theta) * \sin(\gamma);$$

$$\tau_p = \tau * \sin(\theta) * \sin(\beta);$$

🤔 什么意思：

1. 关于平行杆和交叉杆之间的相关力计算以及  $\theta_0$  和  $L_1$  见 [回 平行杆和交叉杆之间的力矩对照](#)
2. 力表现来说，两者的差异性并不是很大，在相交点处的左侧，交叉杆维持静态的力矩小；在相交点的右侧，平行杆维持静态的力矩小；

3. 对于平行杆而言，在  $\theta = \frac{\pi}{2}$  时，膝关节处可以获得完全获得从电机输出力矩，即  $\tau_p = \tau$ ，而交叉杆由于其限制无此情形。
4. 倾向于选择**平行杆**设计，主要优点在于：（1）好求解计算，直观（2）力传递效率要高