

# 移动六足机器人与自动姿态调整的实现

成员：李崇珊 (12012040)，盛李杰 (12011127)

## 研究背景&项目需求

六足机器人是多足机器人的一种，一般在结构和布局上从生物仿生学中获得灵感。多关节的六足机器人具有很多的自由度，可以实现越障，爬墙等很多复杂的功能。

我们的项目目标是制作一个具有完整基本移动功能（前后左右，旋转）的六足机器人。在此基础上增加陀螺仪，实现机器人在斜面上的自动姿态调整功能（适应斜面角度自稳）。

## 单腿DH参数

我们人为规定关节角的限制：

$\theta_1 \in [-30^\circ, 30^\circ]$ ;

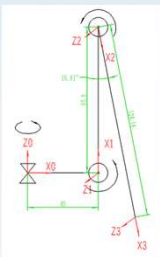
$\theta_2 \in [-180^\circ, 0]$ ;

$\theta_3 \in [79.39^\circ, 169.09^\circ]$

其中根据 $\theta_2$ 的取值范围继续细分为两种状态，这两种状态的逆运动学求解公式会不一样，把这腿的两种状态分为高机位和低机位。

低机位： $\theta_2 \in [-90^\circ, 0]$ ;

高机位： $\theta_2 \in [-180^\circ, -90^\circ]$



	a	$\alpha$	d	$\theta$
1	45	$90^\circ$		$\theta_1$
2	93.5			$90^\circ + \theta_2$
3	124.76			$-169.09^\circ + \theta_3$

## 逆运动学

已知末端坐标为  $[x, y, z]$ ，令：

$$A = \sqrt{x^2 + y^2} - L_1$$

$$B = -z$$

低机位：

$$\begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \\ \cos^{-1}\left(\frac{A^2 + B^2 + L_2^2 - L_3^2}{2\sqrt{A^2 + B^2}L_2}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{B}{A}\right) - 90^\circ \\ \cos^{-1}\left(\frac{L_2^2 + L_3^2 - A^2 - B^2}{2L_2L_3}\right) - 10.91^\circ \end{bmatrix}$$

高机位：

$$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{L_2^2 + L_3^2 - A^2 - B^2}{2L_2L_3}\right)$$

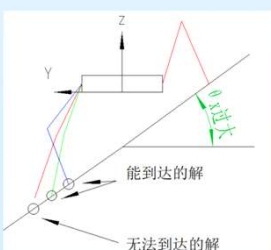
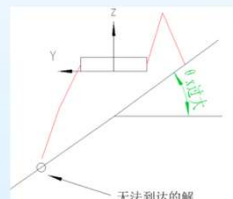
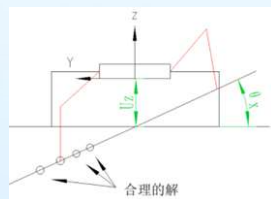
$$\begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \\ -90^\circ - \tan^{-1}\left(\frac{B}{A}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{L_3 \sin \alpha}{L_2 + L_3 \cos \alpha}\right) \\ 180^\circ - 10.91^\circ - \alpha \end{bmatrix}$$

## 静态姿态调整与算法优化

要保持机身平稳，相当于六个脚的目标落在原落脚平面旋转相反角度后形成的平面上。

令某腿初始落脚点世界坐标为 $p_i = [x_0, y_0, z_0]$ ，为了使机身平面旋转至roll角为 $\theta_{roll}$ ，pitch角为 $\theta_{pitch}$ 处，记该腿落脚点需要到达的新世界坐标为 $p_n$ 。

$$p_n = \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \cos(\theta_{pitch}) \\ y_0 \cos(\theta_{roll}) \\ z_0 - x_0 \sin(\theta_{pitch}) + y_0 \sin(\theta_{roll}) \end{bmatrix}$$



要使六条腿在同一平面内，可以有无数种不同的解。如图示在这条线上的解都是合理的解，基于此思想对原有算法进行了优化。

优化前：

单边旋转极限：

roll角 $<16^\circ$ ，pitch角 $<29^\circ$ 。

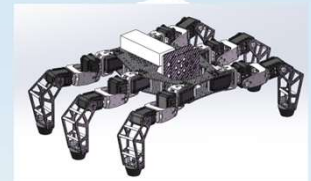
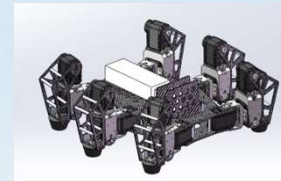
优化后：

单边旋转极限：

roll角 $<31^\circ$ ，pitch角 $<72^\circ$ 。

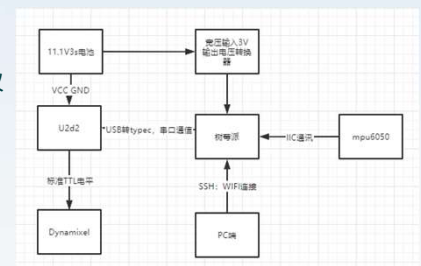
## 机械设计

机身主体和腿部采用了碳纤维板和铝柱的结构，使其在保持质量较轻的同时为硬件留下足够的放置和连线操作空间。机械的布局和腿的实际大小与前面的数学建模保持一致。

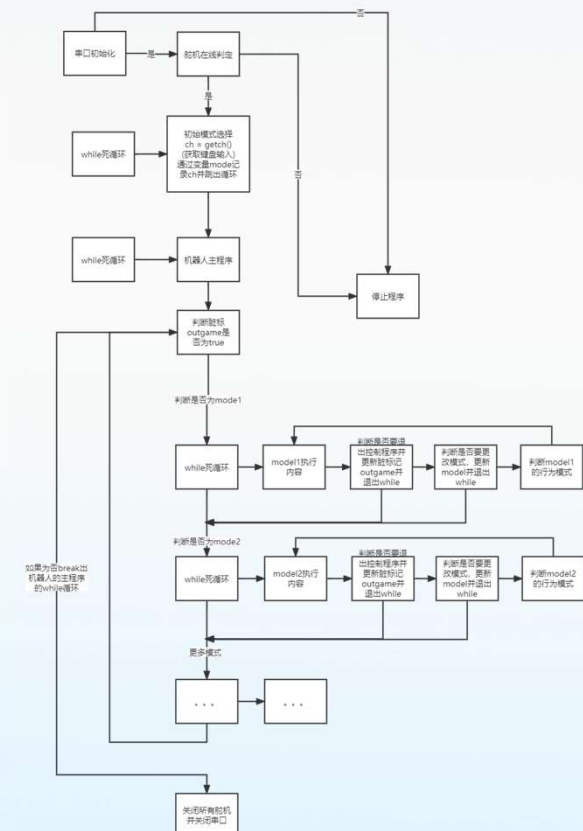


## 硬件选型

DYNAMIXEL AX-12A舵机  
Mpu6050三轴加速度陀螺仪  
U2D2通讯转换器  
树莓派4B  
11.1v航模锂电池  
DC-DC降压模块（5v输出）



## 代码控制框架



## 实物图片展示

