

# 控制原理说明

简单说明一下，自控原理已经还给老师很多年了

## 单边平衡

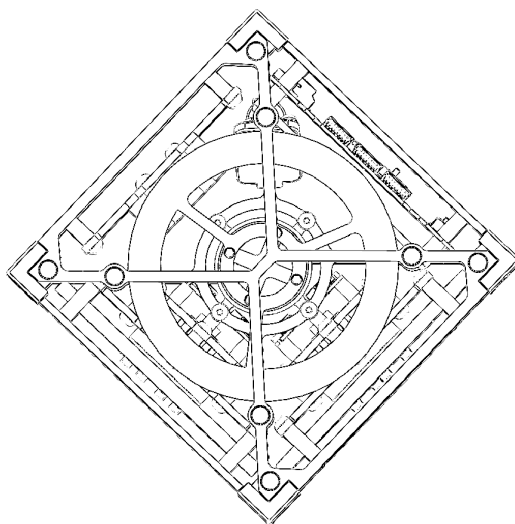


图1

被控对象为：

- 方块角度 $\theta$
- 方块角速度 $\theta'$
- 动量轮的角速度 $\omega'$
- IMU的X轴、动量轮旋转轴、平衡边处于同一平面上，因此有

$$\theta = angle_x - angle_e \quad (1)$$

$$\theta' = gyro_x \quad (2)$$

$$\omega' = motorspeed_x \quad (3)$$

结合 (1) (2) (3) 可得

$$Lqr = (angle_x - angle_e) \times k_p + gyro_x \times k_v + motorspeed_x \times k_s \quad (4)$$

## 参数整定

参数	默认数值（默认不改结构件）	说明
Kp	-25	
Kv	2	
Ks	0.5	
angle_e	0	IMU安装误差

## 单点平衡

控制原理为在单边平衡的基础上增加对Y、Z轴的控制

结构如图2所示

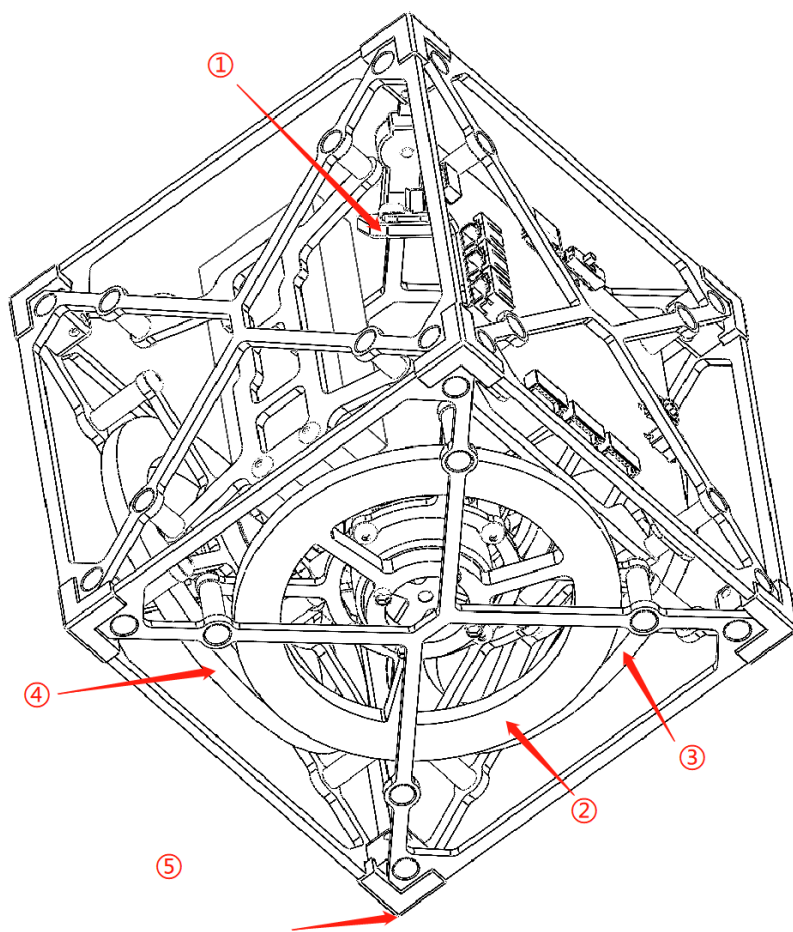


图2

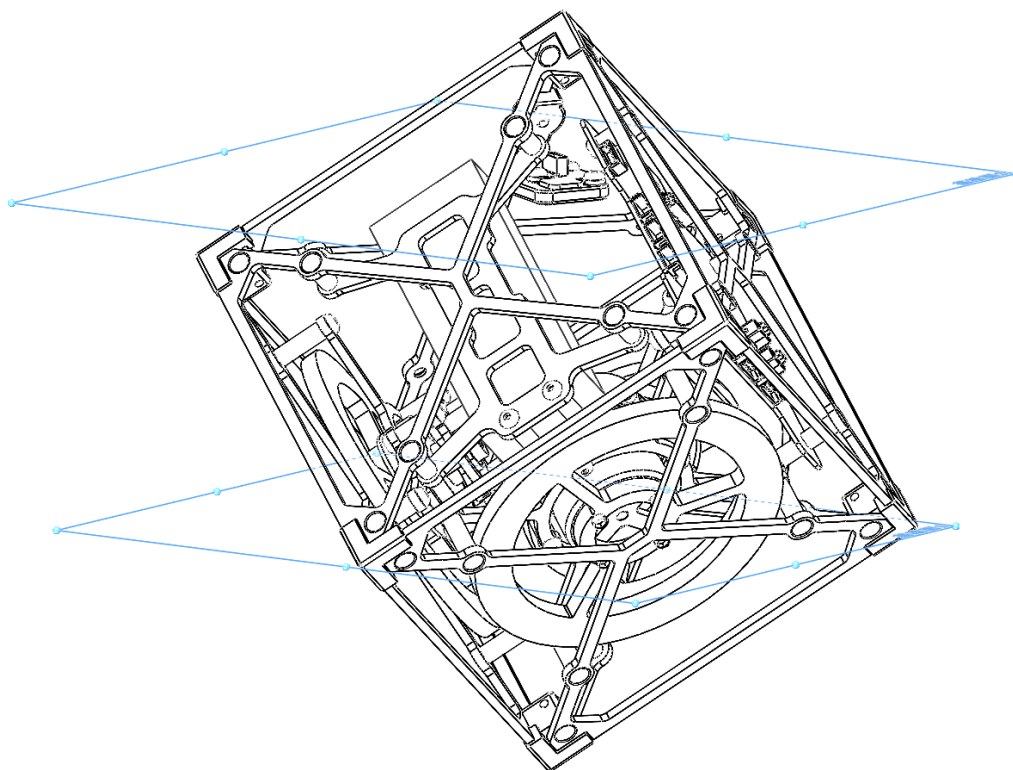


图3

1. 对应标号分别的：

- ①：IMU
- ②：动量轮CH2
- ③：动量轮CH1
- ④：动量轮CH3
- ⑤：立方体角点O

2. 假定当前姿态为点平衡姿态，O为支点。由图2可得经过3个动量轮组成的平面Ⅰ与底面Ⅱ平行，IMU的X\Y轴组成的平面Ⅲ与底面Ⅱ平行。IMU3轴交点O1投影到底面上与点⑤重合；经过点⑤的立方体的边分别与底面的夹角为 $35.3^\circ$ ；3个动量轮的中点投影到底面上并分别与点O组成的线为OCH1，OCH2，OCH3。3OCH1，OCH2，OCH3的夹角分别为 $120^\circ$ 。IMU的Y轴投影到底面Ⅱ上并经过点O。因此经过点O建立直角坐标系，并且Y轴与IMU的Y轴平行，得到下图4

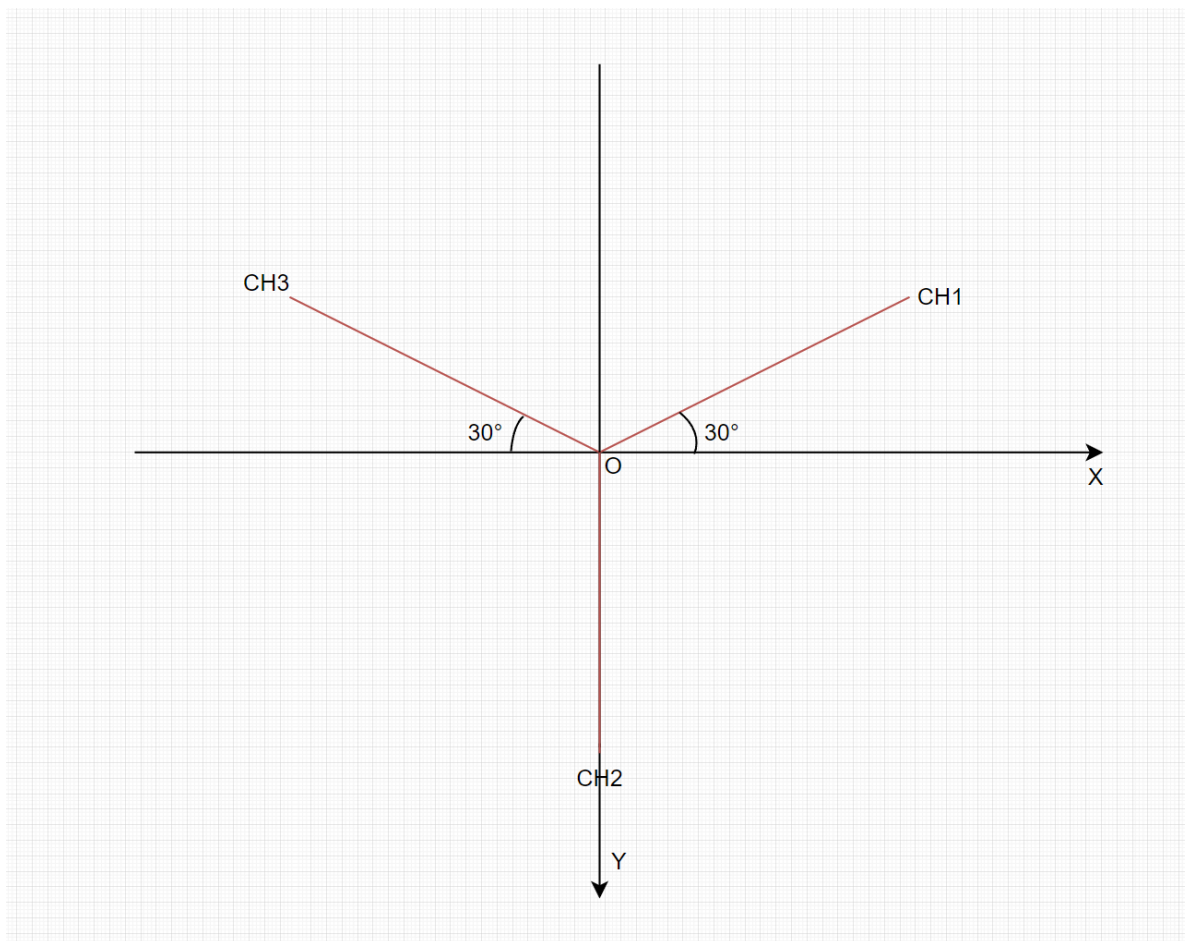


图4

3. 动量轮CH1\CH2\CH3的转动速度方向与OCH1\OCH2\OCH3垂直，因此分别平行移动到经过点O后可以得到下图

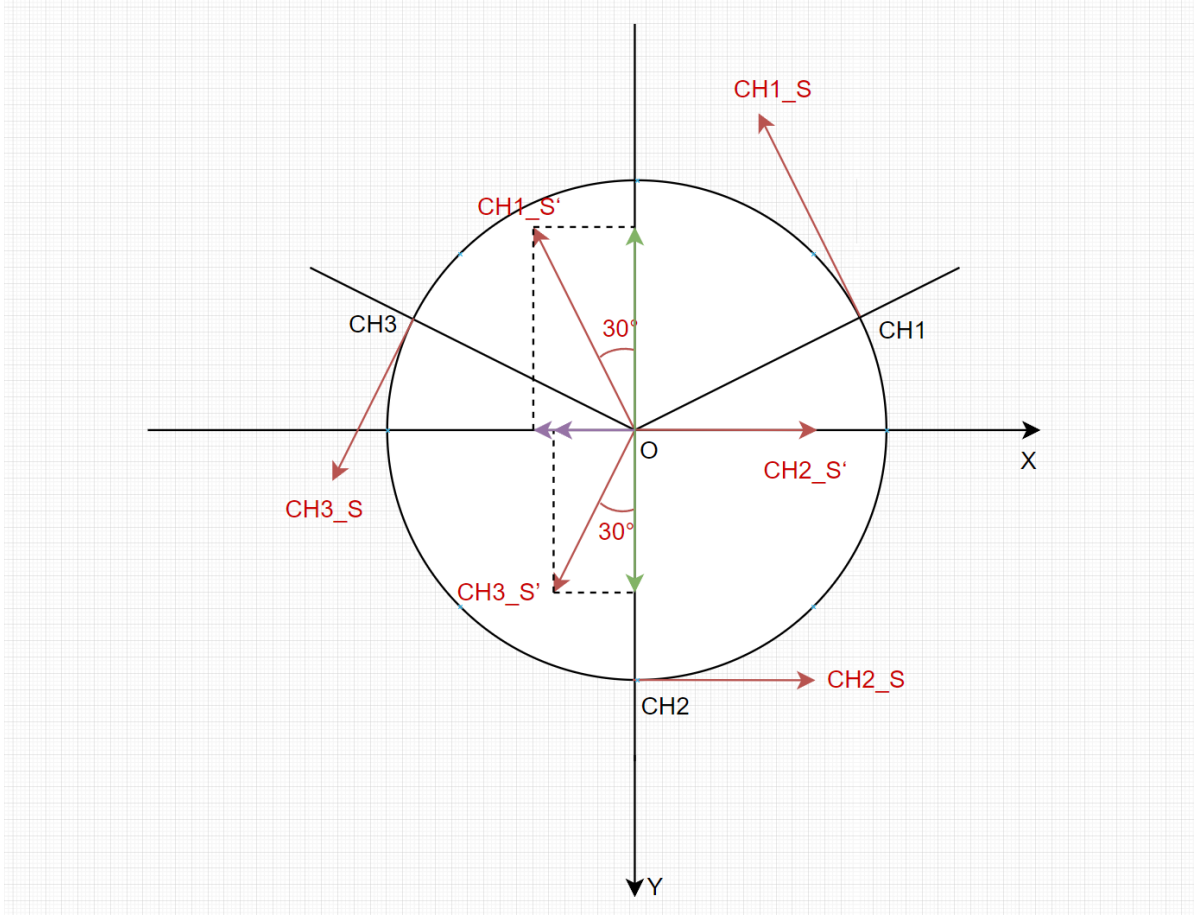


图5

由图5的关系可以得到 (4) (5) (6)

$$s_x = s_{ch2} - s_{ch1} \times \sin(30^\circ) - s_{ch3} \times \sin(30^\circ) \quad (4)$$

$$s_y = s_{ch3} \times \cos(30^\circ) - s_{ch1} \times \cos(30^\circ) \quad (5)$$

$$s_z = s_{ch1} + s_{ch2} + s_{ch3} \quad (6)$$

根据单边控制方法分别控制X, Y, Z轴, 可得 (7) (8) (9)

$$L_x = (angle_x - angle_{xe}) \times k_{xp} + gyro_x \times k_{xv} + s_x \times k_{xs} \quad (7)$$

$$L_y = (angle_y - angle_{ye}) \times k_{yp} + gyro_y \times k_{yv} + s_y \times k_{ys} \quad (8)$$

$$L_z = (angle_z - angle_{ze}) \times k_{zp} + gyro_z \times k_{zv} + s_z \times k_{zs} \quad (9)$$

由图6可得 (10) (11) (12)

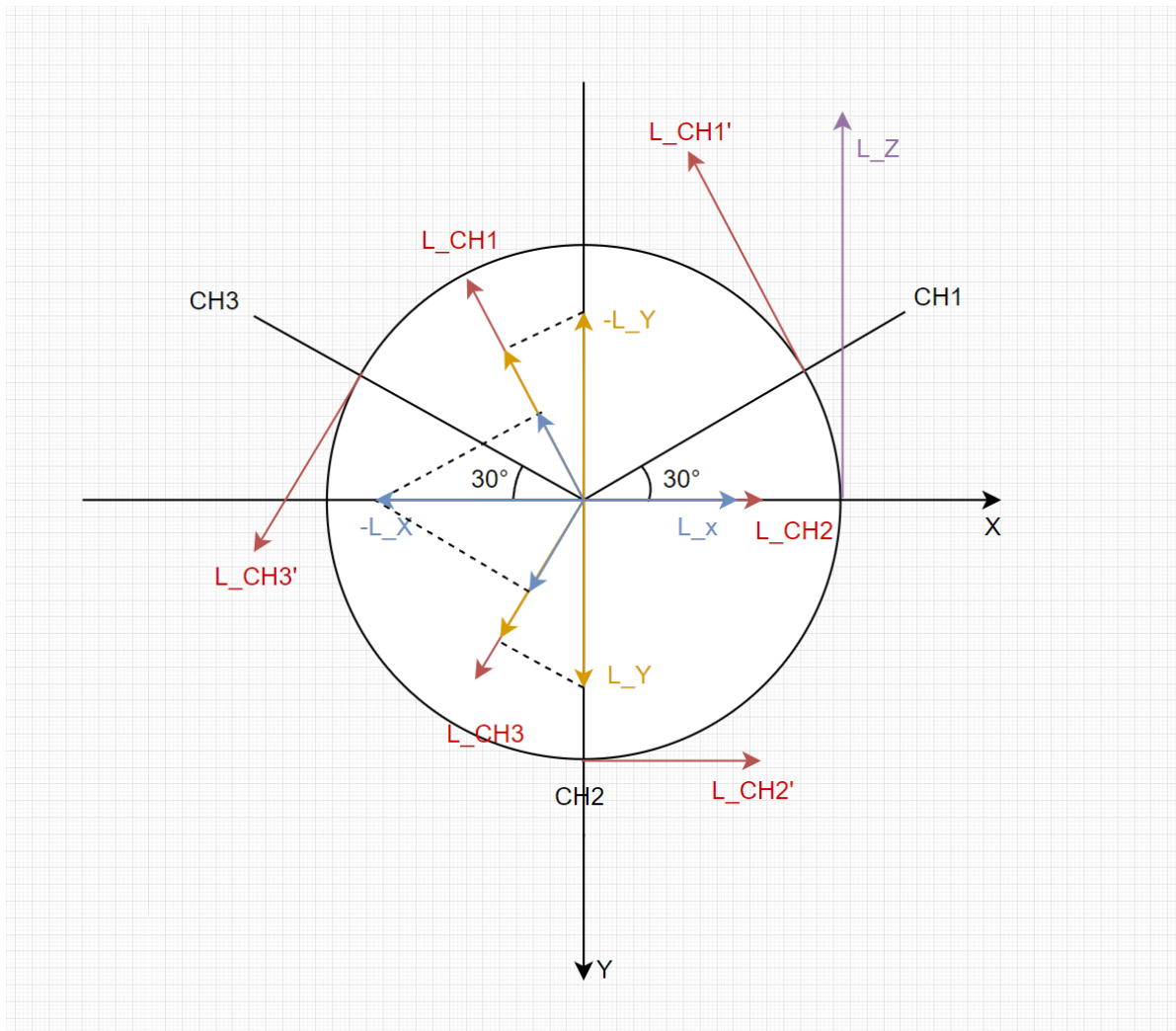


图6

$$S_{ch1} = -L_y \times \cos(30^\circ) - L_x \times \sin(30^\circ) + \frac{L_z}{3} \quad (10)$$

$$S_{ch2} = L_x + \frac{L_z}{3} \quad (11)$$

$$S_{ch3} = L_y \times \cos(30^\circ) - L_x \times \sin(30^\circ) + \frac{L_z}{3} \quad (12)$$

## 参数整定

参数	默认数值（默认不改结构，玄学调参）	说明
Kxp	-17	
Kxv	1.5	
Kxs	0.3	
angle_xe	0.5	IMU安装误差
Kyp	18	
Kyv	1.6	
Kys	0.3	
angle_ye	1.5	
Kzp	0	IMU安装误差
Kzv	-0.3	
Kzs	0.02	
angle_ze	0	默认不对Z轴角度控制，IMU的Z轴会因为零偏漂移