

- 小问 1 求解步骤：空间直角坐标系转换
  - 1. 数据输入
  - 2. 参数初始化
  - 3. 模型调用 (解析计算)
  - 4. 结果输出

## 小问 1 求解步骤：空间直角坐标系转换

### 1. 数据输入

- 读取题目参数：
  - 臂长  $L_{arm} = 338$  mm
  - 伸展角度  $\theta_{ext} = 60^\circ$  (转换弧度:  $\pi/3$ )
  - 旋转角度  $\theta_{rot} = 30^\circ$  (转换弧度:  $\pi/6$ )
- 设定坐标系：肩关节为原点  $O(0, 0, 0)$ ，X轴前，Y轴左，Z轴上。
- 注意：确保角度单位统一，建议编程时全部转换为弧度制。

### 2. 参数初始化

- 定义中间变量  $x_1, z_1, y_1$  用于存储第一步变换结果。
- 定义最终坐标变量  $x, y, z$ 。
- 设定电机安全阈值  $T_{limit}$  (根据题目背景假设或查阅同类机器人参数设定，如  $10$  N·m)。
- 设定手臂质量参数 (用于力矩验证，假设质量分布均匀， $m \approx 1.5$  kg，重心位于  $L/2$  处)。

### 3. 模型调用 (解析计算)

- 步骤 3.1：计算伸展投影
  - 调用公式： $x_1 = 338 \cdot \cos(60^\circ)$ ,  $z_1 = 338 \cdot \sin(60^\circ)$
  - 中间结果检查： $x_1$  应为 169， $z_1$  约为 292.7。
- 步骤 3.2：计算旋转变换
  - 调用公式： $x = x_1 \cdot \cos(30^\circ)$ ,  $y = x_1 \cdot \sin(30^\circ)$ ,  $z = z_1$

- 注意：此时  $z$  坐标保持不变， $x$  变小， $y$  增大。
- 步骤 3.3：力矩验证
  - 计算水平力臂： $d = x$  (近似值)
  - 计算力矩： $T = m \cdot g \cdot d$
  - 判断  $T \leq T_{limit}$

## 4. 结果输出

- 输出最终坐标  $(x, y, z)$ ，保留小数点后 2 位。
- 输出力矩验证结论（“安全” 或 “警告”）。
- 格式示例：

最终坐标：(146.36, 84.50, 292.72)

当前静态力矩：2.15 N·m (安全)