温度补偿

lxh

2025 年 7 月 28 日

1 基于五点校准样本的双通道温度补偿流程

1) 对三台样机，在同一温度 t 下采集各 5 个校准点观测值，按机型顺序拼接成测量矩阵 $\mathbf{S}^t \in \mathbb{R}^{15\times 1}$；
2) 提取三台样机在 30°C 条件下的三个校准点数据，得到基准矩阵 $\mathbf{S}^{30} \in \mathbb{R}^{15\times 1}$；
3) 分别对每个温度 t 使用最小二乘法求解线性标定系数 (k^t, b^t)，使 $\mathbf{S}^{30} \approx k^t\mathbf{S}^t + b^t\mathbf{1}_{15}$；
4) 为获得 $k(t)$ 与 $b(t)$ 的连续表达式，对离散点 $\{k^t\}, \{b^t\}$ 采用分段线性拟合；
5) 用 $\hat{k}(t)$、$\hat{b}(t)$ 对原始双通道数据进行温度补偿，计算校准残差 ε；
6) 将残差引入坐标匹配算法，评估其对定位精度的影响，从而验证标定模型在实际应用中的有效性。

1.1 二次函数拟合

为了建立 k、b 与温度 t 的函数关系，采用二次多项式进行拟合：

$$k(t) = a_1 t^2 + a_2 t + a_3 \quad \text{与} \quad b(t) = c_1 t^2 + c_2 t + c_3$$

拟合目标为最小化残差：

$$\min_{a_1,a_2,a_3} \sum_{j=1}^{n} \left(k_j^t - (a_1 t_j^2 + a_2 t_j + a_3)\right)^2$$

$$\min_{c_1,c_2,c_3} \sum_{j=1}^{n} \left(b_j^t - (c_1 t_j^2 + c_2 t_j + c_3)\right)^2$$

1.2 分段函数拟合

线性标定模型可写为

$$\mathbf{S}^{30} = k^t\mathbf{S}^t + b^t\mathbf{1}_{45}, \tag{1}$$

其中 $\mathbf{1}_{45}$ 为 45 维全 1 列向量；$\mathbf{S}^t$ 的块状展开形式为

$$\mathbf{S}^t = \begin{bmatrix} \mathbf{S}_1^t \\ \hdashline \mathbf{S}_2^t \\ \hdashline \mathbf{S}_3^t \end{bmatrix}, \quad \mathbf{s}_1^t = \begin{bmatrix} S_{11}^t \\ S_{12}^t \\ \vdots \\ S_{15}^t \end{bmatrix}, \text{其余块以此类推。}$$

$$
k^t \begin{bmatrix} S^t_{11} \\ S^t_{12} \\ \vdots \\ S^t_{15} \\ \hdashline S^t_{21} \\ \vdots \\ S^t_{25} \\ \hdashline S^t_{31} \\ \vdots \\ S^t_{35} \end{bmatrix} + b^t \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \\ \hdashline 1 \\ \vdots \\ 1 \\ \hdashline 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S^{30}_{11} \\ S^{30}_{12} \\ \vdots \\ S^{30}_{15} \\ \hdashline S^{30}_{21} \\ \vdots \\ S^{30}_{25} \\ \hdashline S^{30}_{31} \\ \vdots \\ S^{30}_{35} \end{bmatrix}.
$$