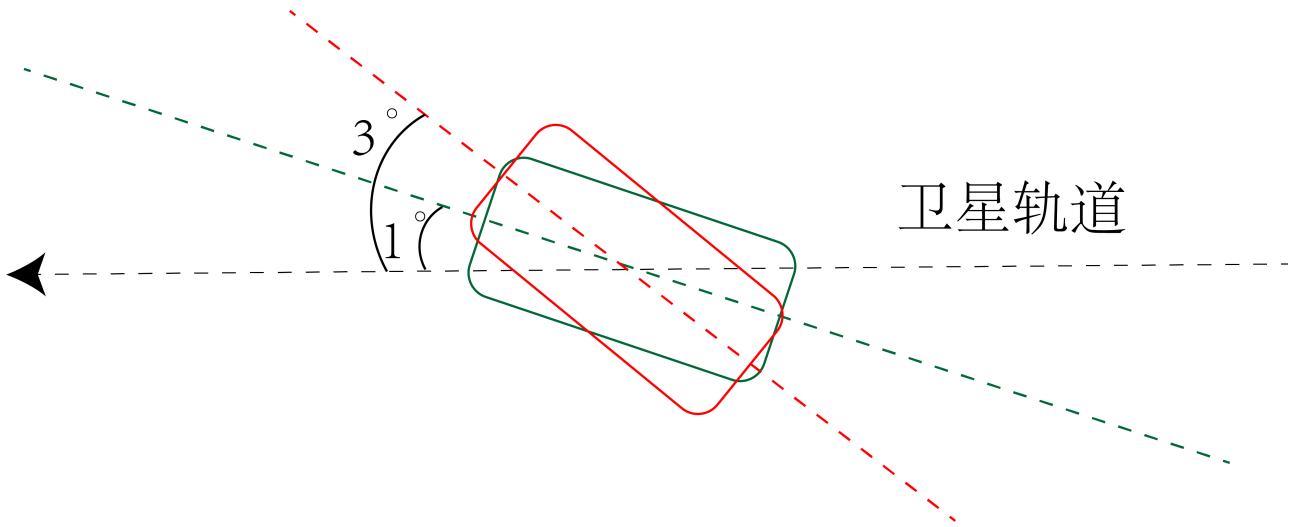


相位中心标定——姿态与相位中心改正仿真

低低卫卫跟踪重力卫星的星间高精度微波测距链路起点与重点均为卫星的微波相位中心，而非卫星质心。因此，需要确定卫星质心与微波相位中心的相对空间位置关系。

在没有重力卫星标定相位中心实际工况数据时，采用GRACE-FO卫星数据仿真相位中心标定所需的姿态角数据与相位中心改正星间距数据。仿真原理图如下所示。



如上图所示，相位中心标定的实际工况为让单星俯仰或偏航方向相对轨道的姿态角由 1° 至 3° 周期性变化，周期为250s。现假设为正弦变化，公式为：

$$\delta\phi(t) = 1^\circ \sin\left(\frac{2\pi}{250}t - \frac{\pi}{2}\right) + 2^\circ \quad (1)$$

当仅有俯仰方向转动时，姿态角可记作 $(\alpha, \beta, \gamma) = (0, \delta\phi, 0)$ ；当仅有偏航方向转动时，姿态角可记作 $(\alpha, \beta, \gamma) = (0, 0, \delta\phi)$ ，姿态角通过以下公式可以转换为方向余弦阵。

$$R_{srf2srf'} = R_3(\gamma)R_2(\beta)R_1(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos\gamma\cos\beta & \cos\gamma\sin\beta\sin\alpha + \sin\gamma\cos\alpha & -\cos\gamma\sin\beta\cos\alpha + \sin\gamma\sin\alpha \\ -\sin\gamma\cos\beta & -\sin\gamma\sin\beta\sin\alpha + \cos\gamma\cos\alpha & \sin\gamma\sin\beta\cos\alpha + \cos\gamma\sin\alpha \\ \sin\beta & -\cos\beta\sin\alpha & \cos\beta\cos\alpha \end{pmatrix} \quad (2)$$

由于GRACE-FO发布的SCA1B数据已给出卫星科学参考框架与惯性系之间的转换四元数，那么记该四元数所对应方向余弦阵为 $R_{gcrs2srf}$ ，则 $R_{srf2gcrs} = R_{gcrs2srf}^T$ 。所以，任一惯性系下矢量转换到仿真相位中心工况科学参考框架的转换矩阵为：

$$R_{gcrs2srf'} = R_{srf2srf'} R_{gcrs2srf}。$$

若记第 i 颗卫星仿真相位中心工况科学参考框架的相位中心矢量为 \bar{d}_i ，那么第 i 颗卫星相位中心改正在星间连线方向的投影为 $\bar{d}_i = R_{srf'2gcrs} \bar{d}_i \cdot \bar{r}_{inter} = R_{gcrs2srf'}^T \bar{d}_i \cdot \bar{r}_{inter}。$

