

风速对馈源舱位置精度的影响

钱磊

May 6, 2011

1 风对馈源舱的作用力

如果假设风作用于馈源舱上，将所有动量交给馈源舱，那么风造成的压强可以表示为

$$p = \rho v^2, \quad (1.1)$$

其中 ρ 是空气的密度， v 是风速。标准状态下空气的密度为 $\rho = 1.29 \text{ kg/m}^3$ ，假设风速为 $v = 1 \text{ m/s}$ ，风造成的压强为

$$p = 1.29 \left(\frac{\rho}{1.29 \text{ kg/m}^3} \right) \left(\frac{v}{1 \text{ m/s}} \right)^2 \text{ Pa}. \quad (1.2)$$

馈源舱截面面积大约为 $A \sim 100 \text{ m}^2$ ，因此风对馈源舱的作用力为

$$F = pA = 129 \left(\frac{\rho}{1.29 \text{ kg/m}^3} \right) \left(\frac{v}{1 \text{ m/s}} \right)^2 \left(\frac{A}{100 \text{ m}^2} \right) \text{ N}. \quad (1.3)$$

馈源舱质量为 $M = 30 \text{ t} = 30000 \text{ kg}$ ，所以风力造成馈源舱的加速度为

$$a = \frac{F}{M} = 4.3 \times 10^{-2} \left(\frac{\rho}{1.29 \text{ kg/m}^3} \right) \left(\frac{v}{1 \text{ m/s}} \right)^2 \left(\frac{A}{100 \text{ m}^2} \right) \left(\frac{30000 \text{ kg}}{M} \right) \text{ m/s}^2. \quad (1.4)$$

2 风速和馈源舱位置精度的关系

假设馈源舱位于反射面中心上方，索和竖直方向的夹角大约是45度，馈源舱的重量大约是 $M = 30 \text{ t} = 30000 \text{ kg}$ ，每根索中的张力大约为

$$T = \frac{Mg}{6} \sqrt{2} = 6.9 \times 10^4 \left(\frac{M}{30000 \text{ kg}} \right) \left(\frac{g}{9.8 \text{ m/s}^2} \right) \text{ N}. \quad (2.1)$$

水平分量为

$$T_{\parallel} = \frac{Mg}{6} = 4.9 \times 10^4 \left(\frac{M}{30000 \text{ kg}} \right) \left(\frac{g}{9.8 \text{ m/s}^2} \right) \text{ N}. \quad (2.2)$$

简单考虑，如果馈源舱位置有微小偏离，索与竖直方向的夹角会发生变化（例如假设某根索和竖直方向的夹角变为 $45^\circ + \theta$ ），假设各索中张力的竖直分量近似相等，那么这根索中张力的水平分量变为

$$T_{\parallel} = \frac{Mg}{6} \tan(45^\circ + \theta) \approx \frac{Mg}{6} (1 + 2\theta) = 4.9 \times 10^4 \left(\frac{M}{30000 \text{ kg}} \right) \left(\frac{g}{9.8 \text{ m/s}^2} \right) (1 + 2\theta) \text{ N}, \quad (2.3)$$

六根索的总水平力为 $4\Delta T_{\parallel}$ 。

所以风力造成的馈源舱位置变化可以估算如下。首先计算风力造成的索和竖直方向夹角的变化，令索力的变化等于馈源舱位置变化时的水平力

$$F = 4\Delta T_{\parallel}. \quad (2.4)$$

由此得到的夹角变化为

$$\theta = 0.00033 \left(\frac{\rho}{1.29 \text{ kg/m}^3} \right) \left(\frac{v}{1 \text{ m/s}} \right)^2 \left(\frac{A}{100 \text{ m}^2} \right) \left(\frac{30000 \text{ kg}}{M} \right) \left(\frac{9.8 \text{ m/s}^2}{g} \right) \text{ 弧度}. \quad (2.5)$$

这个角度对应的位移为

$$\Delta s \approx 250 \text{ m} \cdot 2\theta = 16.5 \text{ cm}. \quad (2.6)$$

所以，可以看出风对馈源舱位置有较大影响（这里的讨论没有涉及转轴和Stewart平台的补偿，通过补偿可以提高馈源的位置精度）。

参考文献