天文观测中常用的坐标系有三种：赤道坐标系，银道坐标系和超星系坐标系。银道坐标系的北极在赤道坐标系中位于R.A. 12h51m26.282s , Dec. +27° 07′ 42.01″，θ和ϕ的零点位于R.A. 17h45m37.224s，Dec. +28° 56′ 10.23″。超星系坐标系的北极在赤道坐标系中位于R.A. 18h55m01s, Dec. +15° 42'32"，θ和ϕ的零点位于R.A. 2h49m14s, Dec. +59° 31'42"。

下面一般地讨论旋转坐标变换的转换矩阵，这对于以上三种坐标系之间的变换都适用。假定坐标系2的z轴(北极)在坐标系1中的方向为$z_2 = (\theta_\mathrm{z}, \phi_\mathrm{z})$，x轴（零点）的方向为$x_2 = (\theta_\mathrm{x}, \phi_\mathrm{x})$。先考虑如何将坐标系1 变为坐标系2，相应的一个矢量在坐标系1中的坐标到坐标系2中的坐标的变换矩阵就是坐标系变换矩阵的逆矩阵（主动观点和被动观点）。可以通过三次比较方便的旋转将坐标系1转到与坐标系2重合。首先将坐标系1沿坐标系1的x轴将z轴正方向向y轴负方向旋转$\theta_{1-m} = \pi/2 - \theta_\mathrm{z}$，然后再沿坐标系1的z轴逆时针旋转$\phi_{1-m} = \phi_\mathrm{z} - 3\pi/2$，此时转动后的z轴已经与坐标系2的z轴重合，原则上再沿坐标系2的z轴转动一个合适的角度就可以于坐标系2完全重合了。现在来计算这个角度ϕ_{m-2}（即上述前两次转动后的x轴与坐标系1的x轴的夹角）。

坐标系1的x轴为$x_1 = (1, 0, 0)$，施加两次转动后可以表示为

$$x_m^T = M_2 M_1 x_1^T, \tag{1}$$

其中

$$M_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_{1-m} & -\sin\theta_{1-m} \\ 0 & \sin\theta_{1-m} & \cos\theta_{1-m} \end{pmatrix}, \tag{2}$$

$$M_2 = \begin{pmatrix} \cos\phi_{1-m} & -\sin\phi_{1-m} & 0 \\ \sin\phi_{1-m} & \cos\phi_{1-m} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \tag{3}$$

所以$x_m = (\cos\phi_{1-m}, \sin\phi_{1-m}, 0)$。$x_m$和$x_2$的夹角为$\phi_{m-2} = \arcsin|x_m \times x_2|$。所以总的变换可以写为$R_{z_2}(\phi_{m-2})M_2M_1$，其中$R_{z_2}(\phi_{m-2})$表示沿$z_2$轴逆时针转动$\phi_{m-2}$。注意到$z_2 = M_2M_1z_1$，有

$$R_{z_2}(\phi_{m-2}) = R_{M_2M_1z_1}(\phi_{m-2}) = M_2M_1R_{z_1}(\phi_{m-2})(M_2M_1)^{-1} \tag{4}$$

所以总的变换又可以作如下简化

$$R_{z_2}(\phi_{m-2})M_2M_1 = M_2M_1R_{z_1}(\phi_{m-2})(M_2M_1)^{-1}M_2M_1 = M_2M_1R_{z_1}(\phi_{m-2}), \tag{5}$$

其中

$$R_{z_1}(\phi_{m-2}) = \begin{pmatrix} \cos\phi_{m-2} & -\sin\phi_{m-2} & 0 \\ \sin\phi_{m-2} & \cos\phi_{m-2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \tag{6}$$

变换矩阵最终可以写为

$$\begin{pmatrix} \cos\phi_{1-m}\cos\phi_{m-2} - \sin\phi_{1-m}\cos\theta_{1-m}\sin\phi_{m-2} & -\cos\phi_{1-m}\sin\phi_{m-2} - \sin\phi_{1-m}\cos\theta_{1-m}\cos\phi_{m-2} & \sin\phi_{1-m}\sin\theta_{1-m} \\ \sin\phi_{1-m}\cos\phi_{m-2} + \cos\phi_{1-m}\cos\theta_{1-m}\sin\phi_{m-2} & -\sin\phi_{1-m}\sin\phi_{m-2} + \cos\phi_{1-m}\cos\theta_{1-m}\cos\phi_{m-2} & -\cos\phi_{1-m}\sin\theta_{1-m} \\ \sin\theta_{1-m}\sin\phi_{m-2} & \sin\theta_{1-m}\cos\phi_{m-2} & \cos\theta_{1-m} \end{pmatrix}. \tag{7}$$

具体地，赤道坐标系到银道坐标系的转换矩阵是

$$\begin{pmatrix} -0.054875545667945 & 0.494110771211000 & -0.867665384961804 \\ -0.873437545087187 & -0.444828615859559 & -0.198076645126421 \\ -0.483834196104114 & 0.746981959812779 & 0.455985112031682 \end{pmatrix}. \tag{8}$$

赤道坐标系到超星系坐标系的转换矩阵是

$$\begin{pmatrix} 0.375022041659904 & -0.898320159816291 & 0.228865372515963 \\ 0.341354889828154 & -0.095717033759227 & -0.935048174501584 \\ 0.861878940141622 & 0.428787989472616 & 0.270749981762484 \end{pmatrix}. \tag{9}$$

注意，坐标变换的矩阵是上述矩阵的逆矩阵（在这个情况下就是转置矩阵）。