第 46 卷 第 1 期 天 文 学 报 Vol.46 No.1
2005 年 1 月 ACTA ASTRONOMICA SINICA Jan., 2005

IAU 2000 和后 IAU 2000 岁差 - 章动模型中岁差量的二历元表达式*

任树林 陶金河 傅燕宁

(中国科学院紫金山天文台 南京 210008)

摘要 IAU 第 24 届大会决议从 2003 年起采用 IAU 2000 岁差 - 章动模型. IERS 规范 (2003) 给出了上述岁差 - 章动模型中 7 个常用岁差量的单历元表达式; 2003 年, Capitaine 等对上述模型进行了改进, 改进后的新模型称为后 IAU 2000 (post IAU 2000) 岁差 - 章动模型. 在此基础上, 分别得到了上述两种岁差 - 章动模型中相关岁差量的二历元表达式. 应用到坐标变换中, 该两种表达式与原模型的精度相当, 在 1800 到 2200 年的时间范围内, 分别达到 ~ 1 毫角秒和 ~ 1 微角秒. 由于除展开阶数外所给出的岁差量表达式与 IAU 1976 岁差模型具有相同的形式, 因此为实际应用提供了便利. 结果已用于中国天文年历的编算.

关键词 天体力学: 岁差, 参考系

中图分类号: P 137; **文献标识码**: A

1 引言

由于天文观测精度的不断提高、理论模型的不断完善, 2000 年 IAU 第 24 届大会通过了新的决议, 对参考系、天文常数和 UT1 的定义等作了较大的改动 [1]. 同时给出了新的岁差 - 章动模型 —IAU 2000 岁差 - 章动模型 [2], 以代替原有的 IAU 1976 岁差模型和 IAU 1980 章动理论.

在 IAU 2000A 章动模型的基础之上, Capitaine[3] 对岁差模型又做了进一步的改进, 不仅对黄经岁差和黄赤交角进行了 MHB 的改正 [3], 即将新的章动模型中的关于黄经章动和交角章动的长期项提取出来, 加到 1976 岁差模型中去, 同时还考虑了赤道的动力学改正, 得到了后 IAU 2000 (post IAU 2000) 岁差 - 章动模型, 给出了在该模型下所有岁差量的单历元表达式.

新的决议建议了两种不同类型的由天球参考系 (CRS) 到地球参考系 (TRS) 的转换方法, 其中分别使用了下述两种不同的过渡性的参考系. 一种类似于传统的第二赤道坐标系, 其中仍然涉及黄道、平 (真) 赤道及平 (真) 春分点, 但对岁差、章动和天文常数等进行了改进, 称为基于春分点的系统; 另一种则分别以天球中间极 (CIP) 和天球中间原

2004-03-08 收到原稿, 2004-04-20 收到修改稿

* 国家自然科学基金资助项目 (10233020)

点 (CIO) 为坐标系的极和原点，同时采用的是新的岁差 - 章动模型和常数的新系统 [1]，称为基于无旋转原点 (NRO) 的系统.

采用基于春分点的参考系， CRS 和 TRS 之间的转换公式为：

$$[\mathrm{TRS}] = W(t) \cdot R(t) \cdot N(t) \cdot P(t) \cdot B(t)[\mathrm{CRS}]$$

其中 [TRS] 和 [CRS] 分别是天体位置在 CRS 和 TRS 中的坐标； $B(t)$ 为参考架偏差矩阵 (Frame Bias), 是由于在标准历元 J2000.0 时刻 IAU 2000 岁差 - 章动模型给出的天球中间极 CIP 和分点 γ 分别与 ICRS 的极和经度零点不重合造成的； $P(t)$ 、 $N(t)$ 、 $R(t)$ 和 $W(t)$ 分别为岁差矩阵、章动矩阵、地球自转矩阵和极移矩阵.

此前，基于春分点的系统是由 IAU 1976 岁差和 IAU 1980 章动理论定义的. 基于该系统的各种应用软件通常采用岁差量关于时间的二历元 (起算历元、目标历元) 表达式计算岁差量 [4−6]. IERS 规范 2003 的第五章给出了满足新决议要求的常用 7 个岁差量关于时间的单历元数值表达式， Capitaine 则进一步给出了后 IAU 2000 模型的岁差量单历元表达式. 在此基础上，我们利用不同历元时刻的各种岁差量之间的关系和级数展开方法，分别针对 IAU 2000 及后 IAU 2000 岁差 - 章动模型导出了岁差量的二历元表达式.

考虑到用户具有广泛的背景，以及大量现有的应用软件、书籍都是基于传统概念编制的 [7], IAU 各相关委员会在继续维护传统系统的必要性上达成了共识. 因此在今后较长的时间内两种系统将可以并行使用. 由于除展开阶数外本文给出的岁差量二历元表达式与 IAU 1976 岁差模型具有相同的形式，因此为更新传统概念的应用软件等提供了便利.

2 岁差量的二历元表达式

以下将要导出的岁差量的二历元表达式是单历元数值表达式的推广，当起算历元与标准历元 (J2000.0) 重合时，二历元数值表达式返回到单历元数值表达式.

在 IAU 2000 的岁差 - 章动模型中， 7 个基本岁差量关于时间单历元的数值表达式为 [2]:

$$\psi_A = 5038.47875'' t - 1.07259'' t^2 - 0.001147'' t^3 \,,$$

$$\omega_A = \varepsilon_0 - 0.02524'' t + 0.05127'' t^2 - 0.007726'' t^3 \,,$$

$$\varepsilon_A = \varepsilon_0 - 46.84024'' t - 0.00059'' t^2 + 0.001813 t^3 \,,$$

$$\chi_A = 10.5526'' t - 2.38064'' t^2 - 0.001125'' t^3 \,,$$

$$\begin{aligned} \zeta_A \;\; = \;\; & 2.5976176'' + 2306.0809506'' t + 0.3019015'' t^2 + \\ & 0.0179663'' t^3 - 0.0000327'' t^4 - 0.0000002'' t^5 \,, \end{aligned}$$

$$\theta_A = 2004.1917476''t - 0.4269353''t^2 - 0.0418251''t^3 - 0.0000601''t^4 - 0.0000001''t^5\,,$$

$$\begin{aligned} z_A \;\; = \;\; & -2.5976176'' + 2306.0803226''t + 1.0947790''t^2 + \\ & 0.0182273''t^3 + 0.0000470''t^4 - 0.0000003''t^5\,. \end{aligned}$$

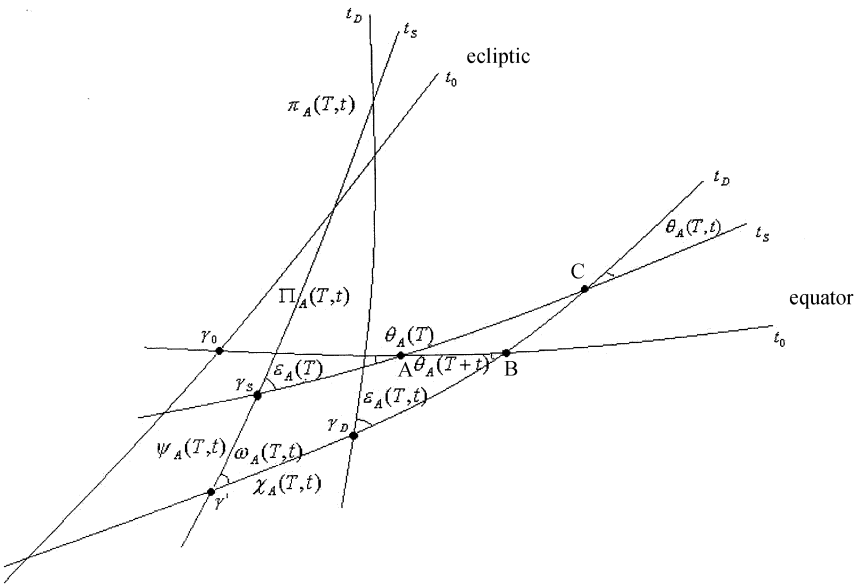

图 1　黄道 - 赤道图

Fig. 1　The ecliptic-equator figure

由于黄道和赤道都随时间变化，为了直观起见，图 1 给出了标准历元、起算历元和目标历元的黄道 - 赤道图，其中 γ_0 和 $\gamma_0 AB$ 分别为标准历元 t_0 时刻即 J2000.0 的平春分点和平赤道； γ_S 和 $\gamma_S AC$ 分别为起算历元 t_S 时刻的平春分点和平赤道； γ_D 和 $\gamma_D BC$ 分别为目标历元 t_D 时刻的平春分点和平赤道． T 表示 t_0 到 t_S 的儒略世纪数， t 表示 t_S 到 t_D 的儒略世纪数．根据图 1, 我们有：

$$\gamma_0 A = 90^\circ - \zeta_A(T)\,,\quad \gamma_0 B = 90^\circ - \zeta_A(T+t)\,,\quad A\gamma_S = 90^\circ + z_A(T)\,,\quad B\gamma_D = 90^\circ + z_A(T+t)\,,$$

$$\angle\gamma_0 A\gamma_S = \theta_A(T)\,,\quad \angle\gamma_0 B\gamma_D = \theta_A(T+t)\,,\quad AB = \zeta_A(T) - \zeta_A(T+t)\,.$$

利用球面三角形 ABC 及相关公式 [6], 可以导出 $\zeta_A(T,t)$ 、 $\theta_A(T,t)$ 、 $z_A(T,t)$; 再利用级数展开，有：

$$\begin{aligned} \theta_A(T,t) \;\; = \;\; & (2004.1917476'' - 0.8538706''T - 0.00021654''T^2 - 0.00017481''T^3)t + \end{aligned}$$

$$(-0.4269353'' - 0.00021654''T - 0.00026221''T^2)t^2 +$$
$$(-0.0418251'' - 0.00020760''T)t^3\,,$$

$$\begin{aligned}\zeta_A(T,t) &= 2.5976176'' + 0.000628''T + 0.0002681''T^2 - 0.0001114''T^3 + \\ &(2306.0809506'' + 1.39694860T - 0.0003073''T^2 + 0.00003674''T^3)t + \\ &(0.3019015'' - 0.00045687''T - 0.00006399''T^2)t^2 + \\ &(0.0179663'' - 0.00015598''T)t^3\,,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}z_A(T,t) &= -2.5976176'' - 0.000628''T - 0.0002681''T^2 + 0.0001114''T^3 + \\ &(2306.0803226'' + 1.3964124''T + 0.00002697''T^2 + 0.00003834''T^3)t + \\ &(1.094779'' + 0.00017655''T + 0.0001766''T^2)t^2 + \\ &(0.0182273'' + 0.00022211''T)t^3\,.\end{aligned}$$

这样我们就得到了岁差量 θ_A 、 ζ_A 、 z_A 关于时间的两历元级数展开的数值表达式.

同样，在球面三角形 $\gamma_S C\gamma'$ 中，有如下关系：

$$\angle C\gamma_S\gamma' = 180^\circ - \varepsilon_A(T), \quad \gamma_S C = 90^\circ - \zeta_A(T,t), \quad \angle\gamma_S C\gamma' = \theta_A(T,t)\,,$$

$$\begin{aligned}\cos\omega_A(T,t) &= -\cos(180^\circ - \varepsilon_A(T))\cos\theta_A(T,t) + \\ &\quad \sin(180^\circ - \varepsilon_A(T))\sin\theta_A(T,t)\cos(90^\circ - \zeta_A(T,t))\,.\end{aligned}$$

利用正弦公式、边的余弦公式和级数展开方法可得：

$$\begin{aligned}\omega_A(T,t) &= 84381.448'' - 46.84024''T - 0.00059''T^2 + 0.001813''T^3 + \\ &(-0.02524'' + 0.0000047''T - 0.0000026''T^2)t + \\ &(0.05127'' - 0.0091892''T + 0.000006''T^2)t^2 + \\ &(-0.007726'' + 0.0000043''T)t^3\,,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\psi_A(T,t) &= (5038.4787501'' + 0.4924661''T - 0.0001233T^2 - 0.0001022T^3)t + \\ &(-1.07259'' - 0.001106''T + 0.0002468''T^2)t^2 + \\ &(-0.001147'' + 0.0003375''T)t^3\,,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\chi_A(T,t) &= (10.5526001'' - 1.8864045''T + 0.0000982''T^2 - 0.0001114''T^3)t + \\ &(-2.38064'' - 0.0008318''T + 0.0001996''T^2)t^2 + \\ &(-0.001125'' + 0.0003215''T)t^3\,,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_A(T,t) &= 84381.448'' - 46.84024''T - 0.00059''T^2 + 0.001813''T^3 + \\ &\quad (-46.84024'' - 0.00118''T - 0.00059''T^2)t + \\ &\quad (-0.00059'' + 0.005439''T)t^2 + 0.001813''t^3\,.\end{aligned}$$

这样我们就得到了 7 个常用岁差量的二历元表达式.

利用类似的方法，我们还可以推导出其他岁差量的关于时间二历元表达式：

$$\begin{aligned}\sin\pi_A\sin\Pi_A &= (4.197583'' - 0.752567''T + 0.000432''T^2)t + \\ &\quad (0.194398'' + 0.000699''T)t^2 - 0.000178''t^3\,,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sin\pi_A\cos\Pi_A &= (-46.815'' - 0.001185''T + 0.005442''T^2)t + \\ &\quad (0.050577'' - 0.003710''T)t^2 + 0.000344''t^3\,,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\pi_A(T,t) &= (47.002808'' - 0.066028''T + 0.000597''T^2)t + \\ &\quad (-0.033014'' + 0.000597''T)t^2 + 0.000060''t^3\,,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Pi_A(T,t) &= 174^\circ 52' 34.959'' + 3289.797516''T + 0.600752''T^2 + \\ &\quad (-869.499706'' - 0.510376''T + 1.701763''T^2)t + \\ &\quad (0.033449'' + 0.000809''T)t^2 + 0.281985''t^3\,,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p_A(T,t) &= (5028.796929'' + 2.222255''T - 0.000043''T^2)t + \\ &\quad (1.111128'' - 0.000043''T)t^2 - 0.000007''t^3\,.\end{aligned}$$

利用公式 $p_N = \psi_A - \chi_A\cos\omega_A$ 可推得纽康黄经总岁差：

$$\begin{aligned}p_N(T,t) &= (5028.796929'' + 2.222255''T - 0.000043''T^2)t + \\ &\quad (1.111604'' - 0.000128''T)t^2 - 0.000114''t^3\,.\end{aligned}$$

对于后 IAU 2000 岁差章动模型 [3], 可以利用同样的方法导出相关岁差量的二历元表达式. 由于该模型目前还没有被 IAU 决议或 IERS 规范所采纳，因此具体的由拟合得到的数值常数可能会有小的变动，但其作为整体用于坐标变换的精度达到了微角秒量级 [3]. 在该模型中，进行坐标变换时常用的 3 个岁差量的二历元表达式为：

$$\begin{aligned}\theta_A(T,t) &= (2004.191903'' - 0.8585868''T - 0.0002090122''T^2 + 0.000036574''T^3 + \\ &\quad 7\times10^{-9}''T^4 - 3\times10^{-9}''T^5)t + (-0.4292934'' - 0.000208904''T + \\ &\quad 0.000054861''T^2 + 1.4\times10^{-8}''T^3 - 7\times10^{-9}''T^4)t^2 + \\ &\quad (-0.04182264'' + 4.109\times10^{-6}''T + 2.5\times10^{-8}''T^2 - 7\times10^{-9}T^3)t^3 + \\ &\quad (-7.089\times10^{-6}'' + 1.8\times10^{-8}''T - 5\times10^{-9}T^2)t^4 + \\ &\quad (-1.27\times10^{-7}'' - 1\times10^{-9}''T)t^5\,,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\zeta_A(T,t) &= 2.650545'' + 0.006046''T - 0.001077588''T^2 - 4.8\times10^{-7''}T^3 - \\ &\quad 8.0\times10^{-8''}T^4 - 1.73\times10^{-7''}T^5 + (2306.083227'' + 1.390507543T - \\ &\quad 1.6\times10^{-6''}T^2 - 0.00060085''T^3 - 5.24\times10^{-7''}T^4 + 1.0\times10^{-8''}T^5)t + \\ &\quad (0.2988499'' - 0.000251106''T - 0.000039216''T^2 - 6.65\times10^{-7''}T^3 + \\ &\quad 1.5\times10^{-8''}T^4)t^2 + (0.01801828'' - 0.000013779''T - 4.83\times10^{-7''}T^2 + \\ &\quad 1.2\times10^{-8}T^3)t^3 + (-0.000005971'' - 1.96\times10^{-7''}T + 7\times10^{-9}T^2)t^4 + \\ &\quad (-3.173\times10^{-7''} + 1.6\times10^{-9''}T)t^5\,,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z_A(T,t) &= -2.650545'' - 0.006046''T + 0.001077588''T^2 + 4.8\times10^{-7''}T^3 + \\ &\quad 8.0\times10^{-8''}T^4 + 1.73\times10^{-7''}T^5 + (2306.077181'' + 1.392661857T + \\ &\quad 3.94\times10^{-7''}T^2 - 0.000059762''T^3 + 3.41\times10^{-7''}T^4 - 8\times10^{-9''}T^5)t + \\ &\quad (1.0927348'' + 0.000249805''T - 0.000140555''T^2 + 2.98\times10^{-7''}T^3 - \\ &\quad 8.1\times10^{-8''}T^4)t^2 + (0.01826837'' - 0.000115279''T + 9.6\times10^{-8''}T^2 - \\ &\quad 3\times10^{-9}T^3)t^3 + (-0.000028596'' - 7\times10^{-9''}T + 1\times10^{-9}T^2)t^4 + \\ &\quad (-2.90\times10^{-7''} + 1\times10^{-9''}T)t^5.\end{aligned}$$

3 数值检验

IAU 2000 岁差 - 章动模型在 1800 到 2200 年 (即 J2000.0±2.0 世纪) 之间的误差低于 1 毫角秒，后 IAU 2000 岁差 - 章动模型在 1800 到 2200 年 (即 J2000.0±2.0 世纪) 之间的误差低于 1 微角秒 [3].

我们通常进行岁差改正，主要有两种矩阵旋转方法：

$$P = R_3(\chi_A)\cdot R_1(-\omega_A)\cdot R_3(-\psi_A)\cdot R_1(\varepsilon_0)\,,$$

或

$$P = R_3(-Z_A)\cdot R_2(+\theta_A)\cdot R_3(-\zeta_A)\,,$$

分别称为 4 参数方法和 3 参数方法. 通过以上两种方法，我们可以对所导出的二历元表达式用岁差 - 章动模型单历元表达式进行数值检验.

3.1 3 参数 ($\theta_A(T,t)$ 、 $\zeta_A(T,t)$ 、 $z_A(T,t)$) 情况

对于 3 参数方法，我们用单历元表达式计算从起算历元 t_S 到目标历元 t_D 的岁差矩阵：

$$P_1 = R_3(-Z_A(T+t))\cdot R_2(+\theta_A(T+t))\cdot R_3(-\zeta_A(T+t))\cdot R_3(\zeta_A(T))\cdot R_2(-\theta_A(T))\cdot R_3(Z_A(T))\,,$$

式中 T 表示标准历元 t_0 到起算历元 t_S 的儒略世纪数， t 表示起算历元 t_S 到目标历元 t_D 的儒略世纪数.

用二历元表达式计算从起算历元 t_S 到目标历元 t_D 的岁差矩阵：

$$P_2 = R_3(-Z_A(T,t)) \cdot R_2(+\theta_A(T,t)) \cdot R_3(-\zeta_A(T,t)) .$$

$P_1 = [p_{1_{i,j}}]$, $P_2 = [p_{2_{i,j}}]$ $(i,j = 1,\quad 2,\quad 3)$ 均为 3×3 的矩阵. 定义二历元表达式相对单历元表达式的误差 σ 为：

$$\sigma(T,t) = \sqrt{\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3}(p_{1_{i,j}} - p_{2_{i,j}})^2} .$$

给出 (T,t) 与误差的关系时，我们用了图和表两种形式，图和表的侧重点略有不同. 其中图使 $(t+T)$ 覆盖 ± 2.0 的区域；因为误差随 T 或者 t 的增加而增加，所以我们给出表，取 (T,t) 的一些特殊点以找到误差的最大值.

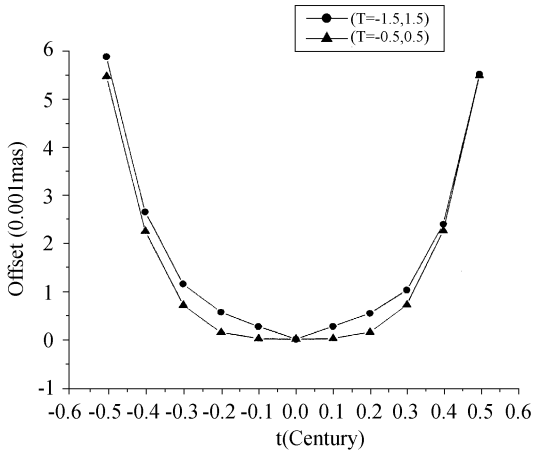

图 2　IAU 2000 岁差 - 章动模型中二历元表达式与单历元表达式利用 3 参数方法计算岁差改正的误差随 T 、 t 的变化 (T 、 t 单位：世纪，误差单位： 0.001 毫角秒)

Fig. 2　Precession correction errors of two-epoch series compared with one-epoch series in IAU 2000 precession-nutation models, using three-parameter method (units of T, t are century, units of errors 0.001 mas)

表 1　IAU 2000 岁差 - 章动模型中二历元表达式与单历元表达式利用 3 参数方法计算岁差改正的误差随 T 、 t 的变化 (T 、 t 单位：世纪，误差单位：毫角秒)

Table 1　Precession correction errors of two-epoch series compared with one-epoch series in IAU 2000 precession-nutation models, using three-parameter method (units of T, t are century, units of errors mas)

T	t	σ
0.00	0.00	0.000
1.95	0.05	0.001
1.00	1.00	0.09
0.05	1.95	1.40
−0.05	−1.95	1.40
−1.00	−1.00	0.09
−1.95	−0.05	0.0005
−0.10	−0.10	0.000
0.10	0.10	0.000
1.90	0.10	0.001
0.10	1.90	1.39

图 2 及表 1 给出了 IAU 2000 岁差 - 章动模型起算历元及目标历元在 1800 到 2200 年 (即 J2000.0±2.0 世纪) 之间，二历元表达式与单历元表达式利用 3 参数方法计算岁差改正的误差 σ, 最大为 1.4 毫角秒.

图 3 及表 2 给出了后 IAU 2000 岁差 - 章动模型起算历元及目标历元在 1800 到 2200 年 (即 J2000.0±2.0 世纪) 之间，二历元表达式与单历元表达式利用 3 参数方法计算岁差

改正的误差 σ, 均小于 0.5 微角秒.

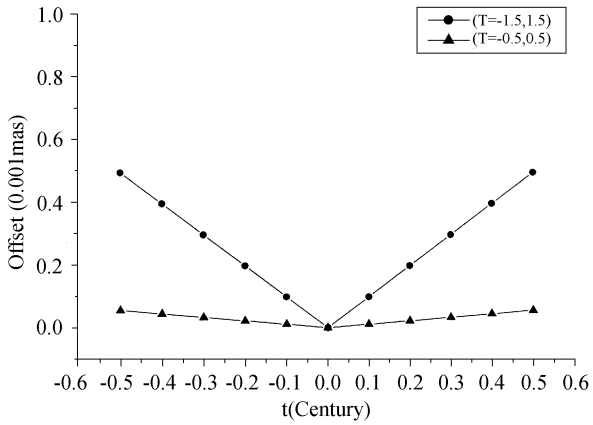

图 3 后 IAU 2000 岁差 - 章动模型中二历元表达式与单历元表达式利用 3 参数方法计算岁差改正的误差随 T 、t 的变化 (T 、t 单位：世纪，误差单位： 0.001 毫角秒)

Fig. 3 Precession correction errors of two-epoch series compared with one-epoch series in post IAU 2000 precession-nutation models, using three-parameter method (units of T, t are century, units of errors 0.001 mas)

表 2 后 IAU 2000 岁差 - 章动模型中二历元表达式与单历元表达式利用 3 参数方法计算岁差改正的误差随 T 、t 的变化 (T 、t 单位：世纪，误差单位： 0.001 毫角秒)

Table 2 Precession correction errors of two-epoch series compared with one-epoch series in post IAU 2000 precession-nutation models, using three-parameter method (units of T, t are century, units of errors 0.001 mas)

T	t	σ
0.00	0.00	0.00
1.95	0.05	0.09
1.00	1.00	0.44
0.05	1.95	0.00
−0.05	−1.95	0.00
−1.00	−1.00	0.44
−1.95	−0.05	0.09
−0.10	−0.10	0.00
0.10	0.10	0.00
1.90	0.10	0.17
0.10	1.90	0.01

3.2 4 参数 ($\varepsilon_A(T,t)$ 、 $\omega_A(T,t)$ 、 $\psi_A(T,t)$ 、 $\chi_A(T,t)$) 情况

对于 4 参数方法，我们用单历元表达式计算从起算历元 t_S 到目标历元 t_D 的岁差矩阵：

$$P_1 = R_3(\chi_A(T+t))\cdot R_1(-\omega_A(T+t))\cdot R_3(-\psi_A(T+t))\cdot R_3(\psi_A(T))\cdot R_1(\omega_A(T))\cdot R_3(-\chi_A(T))\,.$$

用二历元表达式计算从起算历元 t_S 到目标历元 t_D 的岁差矩阵：

$$P_2 = R_3(\chi_A(T,t))\cdot R_1(-\omega_A(T,t))\cdot R_3(-\psi_A(T,t))\cdot R_1(\varepsilon_A(T))\,.$$

误差 σ 的定义与前面相同.

图 4 及表 3 给出了 IAU 2000 岁差 - 章动模型起算历元及目标历元在 1800 到 2200 年 (即 J2000.0±2.0 世纪) 之间，二历元表达式与单历元表达式利用 4 参数方法计算岁差改正的误差 σ, 最大为 1.14 毫角秒.

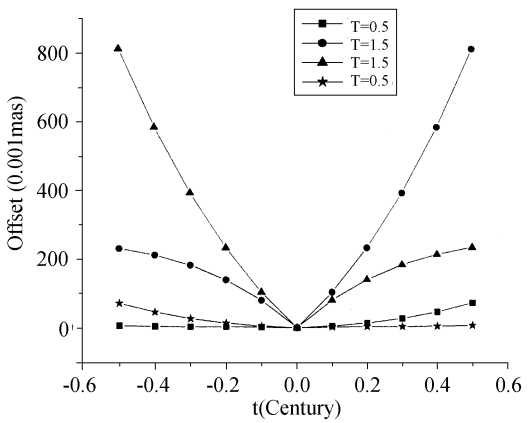

图 4　后 IAU 2000 岁差 - 章动模型中二历元表达式与单历元表达式利用 4 参数方法计算岁差改正的误差随 T 、t 的变化（T 、t 单位：世纪，误差单位： 0.001 毫角秒）

Fig. 4　Precession correction errors of two-epoch series compared with one-epoch series in IAU 2000 precession-nutation models, using four-parameter method,(units of T, t are century, units of errors 0.001 mas)

表 3　IAU 2000 岁差 - 章动模型中二历元表达式与单历元表达式利用 4 参数方法计算岁差改正的误差随 T 、t 的变化（T 、t 单位：世纪，误差单位：毫角秒）

Table 3　Precession correction errors of two-epoch series compared with one-epoch series in IAU 2000 precession-nutation models, using four-parameter method (units of T, t are century, units of errors mas)

T	t	σ
0.00	0.00	0.000
1.95	0.05	0.11
1.00	1.00	1.14
0.05	1.95	0.14
-0.05	-1.95	0.14
-1.00	-1.00	1.14
-1.95	-0.05	0.11
-0.10	-0.10	0.000
0.10	0.10	0.000
1.90	0.10	0.24
0.10	1.90	0.30

我们已经知道，IAU 2000 岁差 - 章动模型和后 IAU 2000 岁差 - 章动模型的误差分别为 1 毫角秒和 1 微角秒，上述数值检验说明，对所考虑的两种不同精度的岁差模型，利用本文给出的岁差量二历元表达式进行坐标变换的精度均与相应的原模型的精度相当.

4　结束语

IAU 新决议的通过和实施，对于天体测量以及天文年历的编算都有很大的影响 [1]. 考虑到用户对基于无旋转原点的系统需要有一定时间的适应过程，采用传统概念的基于春分点的系统仍将继续予以维护. 对决定采用基于春分点系统的用户而言，利用本文的结果可以很方便地更新已有软件以符合 IAU 2000 决议，即将 1976 岁差模型中的二历元表达式替换为本文所提供的与 IAU 2000 岁差 - 章动模型的二历元岁差表达式 [5,8]，使得岁差改正的精度达到毫角秒 [8].

参 考 文 献

1 夏一飞，金文敬．天文学进展， 2003
2 McCarthy DD (ed.). IERS Conventions (2003), IERS Technical Note 32, Paris: Obs. de Paris, 2003
3 Capitaine N, Wallace P T, Chapront J. A&A, 2003, 412: 567
4 Lieske J H, Lederle T, Fricke W, et al. A&A, 1977, 58: 1
5 中国科学院紫金山天文台．中国天文年历 (2005). 北京：科学出版社， 2004
6 夏一飞，黄天衣．球面天文学．南京：南京大学出版社， 1995
7 Bangert A. IERS Technical Note 29, 2002
8 李广宇，倪维斗，田兰兰．紫金山天文台台刊， 2003, 22:(3-4)
9 Li Zheng-xin. AcASn, 1989, 30(1): 39 (李正心．天文学报， 1989, 30(1): 39)
10 Huang Tian-yi, Xia Yi-fei. AcASn, 1993, 32(3): 258 (黄天衣，夏一飞．天文学报， 1993, 32(3): 258)

Two-Epoch Series of Precession Quantities in IAU 2000 and Post IAU 2000 Precession-Nutation Models

REN Shu-lin TAO Jin-he FU Yan-ning

(*Purple Mountain Observatory, Chinese Academy of Sciences, Nanjing* 210008)

Abstract According to the resolutions of the IAU 24$^{\rm th}$ General Assembly, the IAU 2000 precession-nutation model should be employed from the Jan. 1$^{\rm st}$, 2003. The expressions for seven precession quantities with one time epoch of that model in common use could be found in the IERS Conventions (2003). In 2003, Capitaine et al. approved the model mentioned above, and the new model was referred to as post IAU 2000 precession-nutation model. Based on their work, the expressions for the related precessions with two epochs of those models have achieved to obtain, respectively. Applied to coordinate transformations the two kinds of our expressions have almost the same precisions as their counterparts of the originated ones, and within the period from 1800 to 2200 the precisions could reach about 1 mas and 1μ as, respectively. All expressions for precession quantities have the same form as that in the IAU 1976 precession model except the order of series, therefore, it is convenient for their applications in astronomical practice. The results have been adopted in calculations for the Chinese Astronomical Ephemeris (2005).

Key words celestial mechanics: precession, reference systems