第2卷 第1期　天文学进展　Vol. 2, No. 1
1984年1—3月　PROGRESS IN ASTRONOMY　Jan.-March, 1984

岁差常数的测定

刘次沅*
(中国科学院陕西天文台)

提　要

简要介绍了岁差常数的测定原理及其历史沿革，详细说明了用恒星自行测定岁差常数的方法及其有关问题。表列出本世纪以来较重要的测定结果。

一、引　言

建立惯性参考坐标系，是方位天文学的一项基本任务。用光学天文方法建立惯性坐标系，就是用一组恒星的位置和自行，来表达一个没有旋转的天球坐标系，也就是说，要仔细研究和扣除这些恒星所表达的坐标系整体性的旋转效应，同时还要尽可能使这个参考系内部均匀一致。我们知道，天球坐标系最主要的旋转就是岁差运动，如果岁差常数测定不准确，岁差误差就会使坐标系产生旋转。因而，精确地测定岁差常数，历来为方位天文学家所重视。

岁差现象早在公元前二世纪为Hipparchus所发现，历代天文学家不断进行了测定。随着天文观测精度的不断提高，天文学家们认识到必须采用统一的、内部协调的天文常数系统。1896年，国际天文学会通过决议，采纳了Newcomb的岁差测定值(1900历元$p=5025''.64$/回归世纪)。这一常数值是Newcomb根据Auwers星表中的Bradley星自行，对当时通用的Струве-Петерс岁差常数进行修正得到的。从上世纪末到1983年底，这一数值为国际所采用，但是，早在1910年Boss就发现这一测定值有明显的偏差。根据Boss的测定，Newcomb的岁差常数应有大约1″的改正。此后，许多作者就此进行了研究。其结果是日月岁差改正Δp_1在$+0''.65$到$1''.50$之间，星表分点相对于动力学分点的运动与行星岁差改正之和$\Delta e+\Delta\lambda$也大致在这个范围内，Gordon(1952)根据13位作者由不同系统的自行所得的结果，加权得到$\Delta p_1=+1''.09\pm0''.03$/世纪和$\Delta\lambda+\Delta e=+1''.24\pm0''.03$/世纪。Куликов (1956) 列举了自1910至1952年由不同作者所作的23项测定。Böhme和Fricke(1965)也列出了18位作者的工作，得到Δp_1在$0''.65\sim1''.51$之间，$\Delta\lambda+\Delta e$在$0''.68\sim1''.79$之间。

此后，研究岁差常数的工作进入了高潮。Fricke (1967) 对McCormick和Cape自行进行了全面研究(这项工作曾由Williams和Vyssotsky (1947)和其他作者做过)，并用512颗精

* 本文承南京大学天文系许邦信副教授、任江平副教授指导，谨申谢忱。
1983年11月11日收到。
1984年2月17日收到修改稿。

选的 FK4/FK4SUP 远距星求解了岁差改正和银河系自转参数。Fricke (1971)对 Newcomb的岁差测定进行了重新讨论，论证了 Newcomb 误差的来源。Asteriadis (1977) 用 16 万多颗 AGK3星的自行研究了岁差改正和银河系自转。Фатчихин 发表了一系列文章，介绍普尔科沃相对于河外星系测定的初步结果。Vasilevskis等也连续报道了里克天文台相对于河外星系测定的初步结果。Laubscher (1976) 对动力学方法作了重大改进，用 200 年火星资料得出重要结果。此外还有许多学者作了大量的研究工作。

以上所述的现代测定，所得到的岁差改正都比较接近。1976 年在 Grenoble 举行的国际天文学会 (IAU) 第 16 届大会上，通过了一个经修订的新的天文常数系统，其中采纳了新的岁差常数 5029″.0966/儒略世纪 (J2000)，并将于 1984 年起在全世界通用，以代替使用了八十多年的 Newcomb 常数。新岁差常数所采用的对Newcomb日月岁差的改正 $\Delta p_1=1''.10$/世纪，是 Fricke(1967)用 FK4/FK4SUP 远距星求得的。新岁差常数还包括对行星岁差的改正 $\Delta\lambda=-0''.03$/世纪，它是根据精确的行星质量数值，用天体力学的方法计算得到的。

二、测定岁差常数的基本原理

1. 利用银河系恒星

观测得到的恒星自行可以表为

$$\mu_a=(\mu_a)_\odot+(\mu_a)_g+(\mu_a)_p+(\mu_a)_{res} \tag{1}$$

其中 $(\mu_a)_\odot$是由于太阳系运动而引起的视差动，$(\mu_a)_g$ 是银河系自转的影响，$(\mu_a)_p$ 是岁差改正的影响，$(\mu_a)_{res}$ 是残余的自行。对μ_δ 有类似的表达式。

假设$(\mu_a)_{res}$ 随机分布，我们即可由大量恒星的自行同时解出岁差常数的改正和银河系自转、太阳系运动的参数。

2. 利用河外星系

由于河外星系距离非常遥远，它们的自行可看作为零。这样，以河外星系为参考，就可以测出恒星“真正的”自行而不受岁差误差的影响。其自行可表示为

$$\mu_a'=(\mu_a)_\odot+(\mu_a)_g+(\mu_a)_{res} \tag{2}$$

对同一颗星比较(1)、(2)两式即可得

$$\Delta\mu_a=\mu_a-\mu_a'=(\mu_a)_p \tag{3}$$

由此即可得到岁差改正，这种方法理论上明确，不需要假设恒星本动的随机分布。里克天文台和普尔科沃天文台分别在进行这项工作，尚未全部完成。从部分结果得到的岁差改正来看，与单用恒星自行得到的基本相符。由于河外星系是有视面的天体，作为定标星，测量误差较大；同时河外星系也太暗弱，不易与基本星相联系。由于银道面上的大量宇宙尘埃形成了“隐带”，银道附近看不到河外星系，所以恒星的分布不理想。各种原因引起的系统误差不易搞清楚，以河外星系为参考的测量，其精度受制于基本星表的自行误差和相对于河外星系测量的误差，所以尽管它在理论上较简明，实际上却尚未取得很理想的结果。

3. 动力学方法的测定

由动力学理论计算地球和行星的轨道及星历表，通过实测与理论值的比较分析即可测定

岁差而不必附加关于恒星自行分布规律的任何假定。这种方法一直有人尝试，Brouwer(1950)和Clemence(1966)利用对太阳、水星、金星的观测资料未能得到可靠的结果。这样的测定，误差与结果($\Delta p=1''.12$)差不多一样大小。Laubscher(1976)进行了一个重要的改进，利用1751年到1969年两百多年的火星观测资料由动力学方法得到了岁差改正，比以前的测定大有改善，与其它方法得到的结果相符。当然，精度还是略差一些。

三、利用自行测定岁差

下面，我们详细叙述利用恒星自行测定岁差常数的方法。

我们通过两个(或多个)历元的恒星位置观测得到恒星自行。不同历元的观测位置，是各自相对于该历元的平赤道坐标系得到的。要求出恒星的自行，必须用某个岁差常数将星位化到同一历元的平赤道坐标系。因而岁差常数的误差就直接进入我们观测所得的自行中。

观测所得的自行可分解成几个部分：

(1) 由于太阳相对于所考虑的恒星的运动而产生的每颗星的视差动 $(\mu_\alpha)_\odot$，$(\mu_\delta)_\odot$。

(2) 包括岁差误差在内的各种旋转运动的总和 $(\mu_\alpha)_{rot}$，$(\mu_\delta)_{rot}$。

(3) 银河系非刚体自转导致的切变项 $(\mu_\alpha)_s$，$(\mu_\delta)_s$。

(4) 由于恒星的本动和观测误差而产生的残余自行 $(\mu_\alpha)_{res}$，$(\mu_\delta)_{res}$。

所以，每个自行分量可表为四种影响之和，例如：

$$\mu_\alpha=(\mu_\alpha)_\odot+(\mu_\alpha)_{rot}+(\mu_\alpha)_s+(\mu_\alpha)_{res} \tag{4}$$

这里与(1)式表达方法略有不同，但实质是一样的，下面我们把各项分别用坐标式表达出来。

(1) 视差动：设恒星赤道球坐标为 α，δ；赤道直角坐标为 x、y、z；f 与恒星距离成反比，称为视差因子；太阳速度分量为X、Y、Z。于是有

$$\begin{aligned}(\mu_\alpha\cos\delta)_\odot&=f\cdot(X\sin\alpha-Y\cos\alpha)\\(\mu_\delta)_\odot&=f\cdot(X\cos\alpha\sin\delta+Y\sin\alpha\sin\delta-Z\cos\delta)\end{aligned} \tag{5}$$

假如恒星的距离不知道，可采用$f=1$，即认为所有方向的恒星的平均距离是相等的。这样，虽求不出太阳运动的参数，但仍可求出其它参数。显然，如果各个方向的平均距离并不相等，那就会产生系统误差，影响各项求解的结果。如果知道距离分布的某些特点，即可对不同天区取不同的视差因子。

(2) 各种旋转运动引起的自行

设各种旋转效应的合角速度矢量为 $\vec{\omega}$，它在 x、y、z 轴的分量为ω_1、ω_2、ω_3，则对自行的影响为：

$$\begin{aligned}(\mu_\alpha\cos\delta)_{rot}&=-\omega_1\cos\alpha\sin\delta-\omega_2\sin\alpha\sin\delta+\omega_3\cos\delta\\(\mu_\delta)_{rot}&=\omega_1\sin\alpha-\omega_2\cos\alpha\end{aligned} \tag{6}$$

$\vec{\omega}$ 由各种旋转合成，一般考虑以下三项来源：

① 日月和行星岁差中的误差

若日月岁差p_1和行星岁差 λ 有误差Δp_1、$\Delta\lambda$，则产生误差 Δm、Δn：

$$\begin{aligned}\Delta m&=\Delta p_1\cos\varepsilon-\Delta\lambda\\ \Delta n&=\Delta p_1\sin\varepsilon\end{aligned}\tag{7}$$

因而引起虚假的自行

$$\begin{aligned}\mu_{\alpha_p}&=\Delta m+\Delta n\sin\alpha\,\mathrm{tg}\delta\\ \mu_{\delta_p}&=\Delta n\cos\alpha\end{aligned}\tag{8}$$

相当于旋转角速度$\omega_{11}=0$，$\omega_{21}=-\Delta n$，$\omega_{31}=\Delta m$（ω的第一个下标表示第几轴上的分量，第二个下标表示是第几种原因引起的旋转。）

② 春分点测定误差所引起的μ_α的零点误差

由于星位测量中α方向的系统误差，造成基本星表的分点与动力学分点相比，不但有起始位置的差别，而且不断变化。也就是说，基本星表的赤经自行有一个系统差。这项改正记为Δe，通常称为星表分点相对动力学分点的运动，一般认为这是由于早期星位测定的星等差引起的。由此而引起的角速度为$\omega_{12}=0$，$\omega_{22}=0$，$\omega_{32}=-\Delta e$。

③ 银河系自转的影响

按照Oort-Lindblad的银河系自转模型（银河系自转模型，下文还要介绍），恒星围绕着垂直于银道面的轴旋转，角速度为Q。它在赤道系的分量为

$$\begin{aligned}\omega_{13}&=Q\sin\Omega\sin i\\ \omega_{23}&=-Q\cos\Omega\sin i\\ \omega_{33}&=Q\cos i\end{aligned}\tag{9}$$

其中i是银道对赤道的倾角，Ω是银道在赤道上升交点的赤经，都是变化不大的已知量。由Ω、i的数值可得$\omega_{13}=-0.868Q$，$\omega_{23}=-0.188Q$，$\omega_{33}=0.460Q$。

由以上讨论可以得到三个旋转项的总效应

$$\begin{aligned}\omega_1&=-0.868Q\\ \omega_2&=-0.188Q-\Delta n\\ \omega_3&=0.460Q+\Delta k\end{aligned}\tag{10}$$

其中

$$\Delta k=\Delta m-\Delta e=\Delta n\,\mathrm{ctg}\varepsilon-(\Delta\lambda+\Delta e)\tag{11}$$

当未知量ω_1、ω_2、ω_3由观测方程求出后，根据(10)式即可定出Q、Δn和Δk。显然，$\Delta\lambda$和Δe不能分离。但$\Delta\lambda$可由天体力学以较高精度定出，这样就可以得到Δe了。

由以上讨论，按(9)式，岁差误差、星表的分点运动和银河自转的旋转效应对自行的影响为

$$\begin{aligned}(\mu_\alpha\cos\delta)_{rot}&=0.868Q\cos\alpha\sin\delta+(0.188Q+\Delta n)\sin\alpha\sin\delta+(0.460Q+\Delta k)\cos\delta\\ (\mu_\delta)_{rot}&=-0.868Q\sin\alpha+(0.188Q+\Delta n)\cos\alpha\end{aligned}\tag{12}$$

(3) 银河系较差自转引起的速度场变形

根据Oort-Lindblad模型，银河系具有平面平行速度场，恒星绕通过银心而垂直于银道面的轴作圆轨道运动。按照上述假设，Oort列出恒星之间关系的坐标表达式，用幂级数展开取到一阶项得到Oort公式：

$$
\begin{aligned}
&\Delta V_r = Ar\sin 2l\cos^2 b \\
&\Delta\mu_l\cos b = P\cos 2l\cos b + Q\cos b \qquad (13) \\
&\Delta\mu_b = -\frac{1}{2}P\sin 2l\sin 2b
\end{aligned}
$$

其中 $P=A/47.4$，$Q=B/47.4$；A、B 为 Oort 常数。$A=-\frac{1}{2}R_0\frac{d\omega}{dR}\Big|_{R_0}$，$B=A-\omega_0$，$\omega_0$ 为太阳处的银河系自转角速度，R_0 为太阳的银心距离，l、b 是银经和银纬。由此可见，Oort 公式把太阳附近的恒星绕银心公转的角速度当作是随银心距离线性变化的。显然，它只适用于离太阳较近的恒星。在(13)式中带 Q 的项是旋转项，带 P 的项是扣除了旋转后剩余的切变项。把(13)式中切变项写成对赤道坐标的影响：

$$
\begin{aligned}
&(\mu_\alpha\cos\delta)_s = P\left(\cos 2l\cos b\cos\phi + \frac{1}{2}\sin 2l\sin 2b\sin\phi\right) \\
&(\mu_\delta)_s = P\left(\cos 2l\cos b\sin\phi - \frac{1}{2}\sin 2l\sin 2b\cos\phi\right)
\end{aligned} \qquad (14)
$$

其中 ϕ 是天球上天极和银极在恒星处的张角，称为银道星位角。

(4) 观测方程

考虑到上述各项因素对自行的影响，并且认为残余的自行是随机分布的，即得到以下观测方程：

$$
\begin{aligned}
\mu_\alpha\cos\delta &= f(X\sin\alpha - Y\cos\alpha) - \omega_1\cos\alpha\sin\delta - \omega_2\sin\alpha\sin\delta + \omega_3\cos\delta \\
&\quad + P\left(\cos 2l\cos b\cos\phi + \frac{1}{2}\sin 2l\sin 2b\sin\phi\right) \\
\mu_\delta &= f(X\cos\alpha\sin\delta + Y\sin\alpha\sin\delta - Z\cos\delta) + \omega_1\sin\alpha - \omega_2\cos\alpha \\
&\quad + P\left(\cos 2l\cos b\sin\phi - \frac{1}{2}\sin 2l\sin 2b\cos\phi\right)
\end{aligned} \qquad (15)
$$

待定量是 X、Y、Z、ω_1、ω_2、ω_3 和P。若要直接解出 Δn、Δk 和 Q，可将(10)式代入观测方程。由大量恒星观测所得的 μ_α、μ_δ，用最小二乘法即可解出各待定量。

以上是用自行的赤道坐标分量求解，早期的工作还常用银道坐标分量求解。

四、方法的评论

下面我们来讨论影响求解的各种因素和进一步的工作。

1. 星表的系统

由上面的叙述可以看出，自行方法求解(包括参考河外星系的自行)就是利用恒星自行的系统性倾向来求出我们所考虑的各种参数，很显然，星表中自行的系统误差就直接影响了求解的结果。一个好的自行系统是求解岁差常数的决定性因素。因而，许多作者将同一批自行资料化算到各个不同的星表系统中去求解，尽管并没有新的观测（仅仅是按统计得到的系统差化算），这种工作仍然是很有意义的。Fricke(1971)认为 Newcomb的岁差常数的误差主要就

是来源于他所用的星表的自行系统误差。同样的恒星，使用FK4自行，所得的结果就和现代测定值相当接近了。

2．资料的取舍

按统计学的原则，星数当然是越多越好。但是由于其中夹杂着系统因素，所以实际上需要对资料进行多方面的限制。Fricke(1967)以 512 颗恒星(数量可算是很少了)的自行资料获得了为世所公认的优良成果，并为IAU(1976)天文常数系统采用，其重要原因就在于他获得了有关恒星的多方面资料(如光谱型、光度型、距离、视向速度等等)并进行了严格的挑选。

首先，由于邻近太阳的恒星存在着速度场的局部不均匀性，因而不能利用这些资料。(当然，局部不均匀性在银河系各处都有可能存在，但由于较远的恒星其空间分布范围较大，这种不均匀性可望相互抵消)。一部分恒星有着不同于银河系自转的整体运动，称为星流，它直接影响了恒星自行的分布趋势。一般认为早型星 (O、B 型) 具有明显的整体运动，这大概与它们的形成有关。不少人致力于研究邻近的早型星的速度局部分布规律，这对于测定岁差常数无疑有着密切关系。尚有人[如Балакирев(1980)]认为 Fricke 的测定因受到星流的影响还是有问题的。

与此同时，过于遥远的恒星也需要慎重考虑。因为Oort公式只适用于离太阳较近的恒星，例如 2kpc 以内。速度太快的恒星也应舍弃，它们显然会影响统计结果。

对于以上考虑的各点，Fricke(1967)选用的标准是 $r>100$pc，$v<35$km。(距离上限未作限制，但一般不超过 2.5kpc)

3．旋转项

在上面的讨论中，我们假定旋转项由三种因素构成，即岁差改正，分点运动和银河系自转。从观测方程(15)式求得的 ω_1、ω_2、ω_3 由(10)式分配给Δk、Δn 和 Q，假如实际上旋转因素不止这三项，那么这样的分配就有问题了。

Aoki (1967,1969,1971) 提出一个由“观测所得”和无法解释的黄赤交角超额长期变化，它超过由行星岁差引起的变化值 $\Delta\dot{\varepsilon}=-0''.32$/世纪，可能是地核和地幔的耗散耦合引起的一种真实的赤道运动。如果有一种真实的赤道运动迄今被错误地当作黄道的超额运动，那么这个运动将造成赤道面绕通过两分点的轴旋转的一个角速度矢量 (ω_1 需要加上 $-0''.32$)。相应地，Δp_1 将由 $1''.10$变为 $1''.28$。Oort 常数也将受到严重影响，但是，许多学者对此持否定态度。一些人通过观测资料证明并不存在大到 $0''.32$ 的 $\Delta\dot{\varepsilon}$ 效应；而另一些人从理论上证明地球核幔耗散耦合所可能产生的赤道旋转非常小。Балакирев (1980)对分点的非岁差运动提出另一种解释，认为黄道面绕位于其中的一个几乎与银黄交线一致的轴在转动，周期 3×10^8年，但对此现象提不出解释。

4．银河系自转模型

Oort-Lindblad 模型的适用性也是一个值得讨论的问题。由 Oort 公式的推导过程中可以看出，它不适用于离太阳较远的恒星。而要避免局部速度场的不均匀性，尤其是要使恒星本动自行较小，又必须抛弃近距离恒星。这是个不大好解决的矛盾。Ogorodnikov (1932) 和 Milne(1935)提出描述银河系自转的三维模型。应用这一模型的现代测定并未得到与 Oort 模型有重大差别的结果。

5. 权

用于同一目的的许多资料，它们本身的精度并不相同。因而必然在使用过程中需要考虑取权的问题。由于取权本身并无严密的规则，而不同的取权方案往往会得出相当不同的结果，所以取权的方法值得认真研究。统计求解要用到大量的恒星，往往把它们按天区求出平均自行，然后再来解方程。这种情况下一般只好认为每颗星是等精度的，给予等权。由观测方程(15)式可见，两个方程联合求解可以分别取权。众所周知，赤经的测定不如赤纬的精度高。因此，Fricke(1967)对(15)式第一式(赤经自行)取半权而对第二式(赤纬自行)取一权。在使用不同来源的组合资料时，更是面临取权问题。Fricke (1967)在利用 McCormick 和 Cape 自行时，考虑了不同的取权方案，为了得到满意的结果，最后干脆抛弃了Cape自行资料。

6. 此外，还应考虑到恒星的天区分布和距离分布

无疑，所用的恒星应该在全天球均匀分布。但是由于南天的资料太少，较重要的测定没有一个是利用全天的资料。全天各天区的平均距离应尽量接近。在距离不清楚时，应设法判断平均视差，适当选择视差因子。为了避免恒星本动的干扰，应选用尽可能远的恒星。可以认为远星的本动造成的自行较小，有利于岁差的测定。为此往往采用暗星，尤其是暗的早型星、造父变星(因为它们的绝对星等亮，同样视星等，这些星距离较远)。

7. 进一步的发展可能由以下各方面作出

新的FK5自行系统。FK5 星表对 FK4 自行的误差进行改正，并加之星数的大量增加，有可能提高岁差常数测定的准确度和精度。

里克纲要和普尔科沃纲要的进一步结果，会使相对于河外星系测定岁差的工作获得进展。对太阳附近恒星速度场的深入研究无疑也将促进岁差测定工作。

立足于现有资料，可以有以下设想：由观测方程(15)可见，未知量 X、Y、Z、P、ω_1、ω_2、ω_3 是根据 μ_α、μ_δ 的观测量用最小二乘法同时解出的。这里没有使用恒星的视向速度资料是很可惜的。视向速度的方程中包含有 X、Y、Z、P，它可以表为

$$\dot{r}_{\odot} = -X\cos\alpha\cos\delta - Y\sin\alpha\cos\delta - Z\sin\delta$$

$$\dot{r}_{rot} = 0$$

$$\dot{r}_s = rA\sin 2l\cos^2 b$$

于是有

$$\dot{r} = -X\cos\alpha\cos\delta - Y\sin\alpha\cos\delta - Z\sin\delta + 47.4Pr\sin 2l\cos^2 b \qquad (16)$$

(16) 式虽不包括旋转项，但将它与 (15) 式联立，能改善 X、Y、Z、P 的结果，从而改善 $\bar{\omega}$。

也可以有这样的考虑：用较多的资料(例如增用视向速度)和较深入的研究先求出某些参数，如银河系自转参数等。然后把这些比较理想的参数作为已知量代入观测方程 (15) 式中求解 $\bar{\omega}$。这样解法虽然形式上精度可能降低，但较为可靠(准确度较高)。

岁差测定的重大进展，可以寄希望于致密河外射电源的绝对观测。它们适用于建立一个与河外天体相联系的惯性坐标系。由于河外天体距离很远，可以当作没有自行，同时，应用现代射电干涉方法，观测精度大大提高。可以认为这是一个理想的惯性参考系。各方面正在积极进行有关的探索，预计其精度将有数量级的提高。

五、附 表

下面，我们列出较重要的测定工作及其结果。所得的改正是相对于Newcomb的常数。单位都是″/世纪。早期的工作还可参考 Куликов(1956)第 6 章以及附表 4。

作 者	年代	方 法	资 料	Δp	$\Delta e+\Delta\lambda$
Gordon	1952	自行	总结以前 13 次测定，加权平均	1″.09	1″.24
Böhme	1963	自行	总结1926—1960年18次测定，简单平均	1″.03	1″.12
Boshniakovich	1965	自行	FK3-FK4 1534颗星	1″.05	1″.12
Fricke	1967	自行	McCormick 29000 颗星	1″.10	1″.27
Fricke	1967	自行	FK4/FK4SUP 512 颗远距星	1″.10	1″.20
Фатчихин	1970	参考河外	Пулково/AGK3 14600 颗星	1″.04	0″.53
Thüring	1975	最大无自行方法	FK4/N30	0″.97	1″.10
Laubscher	1976	动力学方法	火星 200 年观测资料	1″.21	1″.12
Asteriadis	1977	恒星自行	AGK3 166179 颗星	1″.10	1″.37
du Mont	1978	参考河外	Lick/AGK3	0″.95	1″.21
Пантелеева	1978	参考河外	Шгемб·5210 颗星	0″.93	0″.93

参 考 文 献

[1] 戴文赛，恒星天文学，(1965).
[2] Aoki, S. *Publ. Astron. Soc. Japan*, 19 (1967), 585.
[3] Aoki, S., *A. J.*, 74 (1969), 284.
[4] Aoki, S., Kakuta, C., *Celest. Mech.*, 4 (1971), 171.
[5] Asteriadis, G., *A. A.*, 56 (1977), 25.
[6] Böhme, S., Fricke, W., *IAU Symposium No.* 21, (1965).
[7] Fricke, W., *A. J.*, 72 (1967), 642.
[8] Fricke, W., *A. J.*, 72 (1967), 1368.
[9] Fricke, W., *A. A.*, 13 (1971), 298.
[10] Fricke, W., Heidelberg Verö., No. 28, (1977).
[11] Gordon, J. E., *Изв. Пулково*, 19 (1952), 1.
[12] Laubscher, Roy E., *A. A.*, 51 (1976), 9.
[13] Munt, B. du, *A. A.*, 66 (1978), 441.
[14] Vasilevskis, S., Klemola, A. R., *Celest. Mech.*, 4 (1971), 163.
[15] Vasilevskis, S., Klemola, A. R., *A. J.*, 76 (1971), 508.
[16] Vasilevskis, S., Mc Namara, B. J., *A. J.*, 78 (1973), 639.
[17] Балакирев, А. Н., *А. Ж.*, 57 (1980), 1102.
[18] Пантелеева, Л. П., Новые идеи в астрометрии, 76, (1978).
[19] Фатчихин, Н. В., *А. Ж.*. 45 (1968), 365.
[20] Фатчихин, Н. В., *А. Ж.*, 47 (1970), 619.
[21] Куликов, К. А., Фундаментальные постоянные астрономии, (1956).

Determination of the Precession Constant

Liu Ci-yuan

(Shaanxi Astronomical Observatory, Academia Sinica)

Abstract

Brief accounts on the determination principles of the precession constant and its history are offered, elucidating in detail the methods and relative problems of the determination by means of proper motions of stars; some important determination data in this century are listed.