

# 天体测量学家面前的相对论问题

赵 铭

(中国科学院上海天文台)

## 提 要

今天,天体测量学家再也不能对相对论问题置之不理了。天体测量学许多问题中的相对论效应已被许多人讨论过并在资料处理中应用。但是,问题并没有真正解决。天体测量学需要在相对论框架下重新建立自己的理论体系。本文综述了对天体测量中的相对论问题的现有讨论所导出的结论。

## 一、前 言

虽然在70年前(1919年)天体测量的观测已首次证实了广义相对论关于太阳引力场使得通过太阳附近的光线发生弯曲的理论预言,此后,在很长时期中,天体测量学家对相对论问题通常仍是不予理会的。这是因为,直到60年代后期之前,天体测量单次观测的典型精度仍限制在 $0''.1-0''.3$ (约 $1 \times 10^{-6}$ )的水平<sup>[1]</sup>。在通常情况下,相对论和牛顿理论的差异为 $10^{-8}-10^{-9}$ 量级。只有在非常特殊的情况下,例如,太阳边缘附近恒星的视方向中的相对论效应,能超过 $10^{-6}$ 而被检测出来。

近十几年中,天体测量的精度由于新技术的采用而提高了1—2个量级。现在VLBI和SLR的典型精度已达1mas左右(约 $10^{-9}-10^{-8}$ 量级)<sup>[2]</sup>。空间天体测量可以提供同样精度水平的天体位置<sup>[3,4]</sup>。天体测量学家现在甚至期望把地面光学定位精度改进到3mas水平。在这种情况下,天体测量学家已不能再对相对论问题置之不理。事实上,近几年来,相对论对各种天体测量问题的影响正成为天体测量学家关心的热点。在90年代,天体测量学家将努力追求毫米级的精度<sup>[5]</sup>。为此,除了需进一步改进观测技术以外,还需进一步完善归算理论。目前的状况是仅仅对经典理论的某些方面加上各项相对论改正。现在不能说这些改正已做到既无遗漏又无重叠,也不能说人们对这些改正本身已取得一致的认识。事实上,不少问题上是有争论的。我们最终的目标是在相对论框架下重新建立天体测量学理论体系。现在离此目标还很远。这一目标的实现离不开天体测量学家自己的努力。本文的目的是综述天体测量学至今所涉及的相对论概念及目前有争论的有关问题的讨论,以期引起进一步的探讨和研究。

## 二、时刻记录中的相对论问题

事件发生时刻的记录是天体测量的基本观测记录之一,把地球上得到的观测量同借助于

天体运动历表计算得到的理论值作比较而建立条件方程, 是天体测量资料归算的基本方法。因此, 我们必须处理在不同坐标系中的时刻之间的关系问题。

在牛顿理论中, 时间是一个简单的概念。时间与空间无关, 与坐标系无关, 与其他一切物理因素无关。总之, 时间是绝对的自变量。

在相对论框架下, 时间尺度和空间尺度一样, 只是四维时空中的一维, 并无特殊地位。它与引力场、位置和速度均有关系, 就是说, 与坐标系有关。这样, 时间不再是绝对的自变量。因此, 当我们把在不同坐标系中描述的事件作比较时, 必须首先区分不同坐标系中的时间尺度的差异。在目前的天体测量工作中, 经常涉及以下有关时间的概念。

### 1. 站钟原时( $\tau$ )

一切原始的观测时刻的记录均由站钟读数给出。站钟读数所体现的时间尺度是站钟世界线上的原时。

### 2. 地球惯性系坐标时( $t$ )

在地心附近的小范围内建立一个随地球一起在太阳系引力场中作自由下落运动的局部惯性系, 称为地球惯性系。在这个坐标系中, 地球以外天体的总引力势为零, 只需考虑地球引力势。坐标时  $t$  与原时  $\tau$  的关系可以表示成

$$d\tau^2 = \left( 1 - \frac{2\Phi(\mathbf{s})}{c^2} \right) dt^2 - \frac{1}{c^2} (d\mathbf{s})^2 \quad [6, p. 28] \quad (1)$$

其中  $\mathbf{s}$  是站钟的地心坐标,  $\Phi(\mathbf{s})$  是站钟所在地的地球引力势。  $\Phi$  值可由站坐标及参考椭球体参数求出, 通常把  $\Phi$  表示成台站的地心纬度及椭球高程的函数。上式在  $\tau$  和  $t$  间建立起联系, 因此可以通过站钟实现地心坐标时  $t$ 。

### 3. 国际原子时(TAI)

由上述, 一台站钟可以实现坐标时尺度  $t$ 。设第  $i$  个站钟提供原时尺度  $\tau_i$ , 并通过(1)式实现坐标时尺度  $t_i$ , 而每个  $t_i$  均是理想的坐标时尺度  $t$  的具体实现。若干站钟实现的  $t_i$  的权平均确定了国际原子时尺度 TAI。由此可见, TAI 是地球惯性系坐标时的具体实现, TAI 不是原时尺度。详细讨论可参阅文献[8]和[9]。

在 TAI 建立过程中, 需实现各站钟所体现的坐标时  $t_i$  的同步, 这常通过无线电信号或搬钟来解决。其具体过程参见[6, p. 130]。

### 4. 太阳系质心坐标系坐标时( $T$ )

这是太阳系天体在质心坐标系中运动方程的自变量, 即通常所称的质心力学时 TDB<sup>[9]</sup>。  $T$  和  $\tau$  的关系可以一般地写成

$$d\tau^2 = \left( 1 - \frac{2\Phi(\mathbf{b})}{c^2} \right) dT^2 - \frac{1}{c^2} (d\mathbf{b})^2 \quad [6, p. 128] \quad (2)$$

式中  $\Phi(\mathbf{b})$  为站钟处太阳系总引力势,  $\mathbf{b}$  是站钟的质心坐标矢量。

通过(1)式和(2)式比较可得到

$$T - t = t_i + \frac{1}{c^2} \left( CT + P + \mathbf{X} \cdot \frac{d\mathbf{b}_\oplus}{dT} \right) \quad [6, p. 135] \quad (3)$$

式中  $t_1$  是积分常数。  $C$  是  $T$  与  $t$  之差的长期项系数, 与行星、地球及月亮的质量及轨道半长轴有关。  $P$  是行星、地球及月亮的日心坐标及速度的函数, 因而是一系列周期项。  $\mathbf{b}_\oplus$  是地心的质心坐标,  $\mathbf{X}$  是站钟在地固坐标系中的坐标矢量。由(3)式可知,  $T$  和  $t$  之间没有一个确定的关系。一个事件在两个坐标系中所对应的坐标时时刻差与该事件的坐标有关。因此可以得出结论, 不能在  $T$  (即 TDB) 和  $t$  (即 TAI) 之间建立起一种在整个坐标系中都适用的对应的变换关系<sup>[7]</sup>。

### 5. 假想的地心原时( $\tau_0$ )

如前述, 行星的质心历表的自变量为质心坐标时  $T$  (即 TDB)。为了和观测作比较, 天体测量学上常需把质心历表化算成地心视历表。所谓地心视历表是行星发出的光子到达假想地球中心处的方向和时刻。我们无法在地心处放置时钟并观测光子到达事件。这些都是由地面钟和地面观测化算出的。假定地心视历表的自变量是时间尺度  $\tau_0$ , 并且  $\tau_0$  是借助于 TAI 尺度由

$$d\tau_0^2 = dt^2 \quad (\text{即 } d(\text{TAI})^2) \quad (4)$$

即

$$\tau_0 = \text{TAI} + \text{常数} \quad (5)$$

实现的。把(4)式同(1)式作比较, 可以看到  $\tau_0$  是假想的地心世界线上在没有地球引力场情况下时钟所提供的原时。这时  $ds = 0$ ,  $\Phi = 0$ , 所以有(4)式。(5)式的尺度  $\tau_0$  就是常说的地心力学时 TDT<sup>[9]</sup>。

由此可见, 当用(5)式实现的时间尺度  $\tau_0$  作为地心视历表的自变量时, 意味着  $\tau_0$  是假想的地心世界线上的原时。因此, TDT 应属原时范畴。在地心以外, TDT 无意义。

鉴于地心处  $\mathbf{s} = 0$ ,  $\mathbf{X} = 0$ ,  $\mathbf{b} = \mathbf{b}_\oplus$ , 由(2)式得

$$d\tau_0^2 = \left(1 - \frac{2\Phi(\mathbf{b}_\oplus)}{c^2}\right) dT^2 - \frac{1}{c^2} d\mathbf{b}^2_\oplus \quad (6)$$

由此导出

$$T - \tau_0 = \frac{1}{c^2}(CT + P) + \text{常数} \quad (7)$$

公式(6)也清楚地说明  $\tau_0$  的原时性质。(7)式说明,  $\tau_0$  (TDT) 和  $T$  (TDB) 之间有确定的转换关系。

对 TDT 属性有不同意见, 文献[9]作了详细讨论。文献[11]指出, 地球惯性架中的时间坐标是 TDT。

### 6. 历书时 ET

历书时是通过地面观测的行星光子到达事件经几何关系化为地心的观测后同地心视历表相比较而得到的, 因此在概念上属地心世界线上的原时。但是, 由于历书时的观测精度很低, 并且已从 1984 年起全面停止使用<sup>[12]</sup>, 因此仔细推敲历书时的属性并无实际意义。为把历史上的精度低的资料 and 现代的精度高的资料联成一个统一序列, 取  $ET = \text{TDT}$  的关系。

### 7. 关于地面钟的同步问题

为通过地方钟实现 TAI, 或为实现不同地点间的同步观测, 必须实现地面钟间的同步。站钟同步是指它们所实现的坐标时  $t_i$  间的同步。这种同步是以坐标同时性<sup>[8]</sup>为依据的。设  $A$  和  $B$  两地各有一地固钟, 现从  $A$  地发一无线电信号, 当到达  $B$  地时, 时号运行的坐标时间间隔为

$$\Delta t_{AB} = \frac{1}{c} \int_{X_A}^{X_B} |dX| + \frac{\omega}{c^2} \mathbf{C} \cdot (\mathbf{X}_A \times \mathbf{X}_B) \quad [6, p. 131] \quad (6)$$

设时号从  $A$  地发出时  $A$  钟所实现的坐标时时刻为  $t_A^0$ , 当时号到达  $B$  地时,  $A$  钟的坐标时时刻为

$$t_A = t_A^0 + \Delta t_{AB},$$

这样在  $B$  地可得到钟  $A$  和钟  $B$  所实现的坐标时尺度  $t_A$  和  $t_B$ 。通过比 对调整到两钟的坐标时同步。

同样, 通过搬钟实现同步的过程中, 钟从  $A$  地搬到  $B$  地的坐标时间间隔可由

$$\Delta t_{AB} = \int_{\tau_A}^{\tau_B} \left\{ 1 + \frac{1}{c^2} \left[ \Delta V(\mathbf{X}) + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \mathbf{X}}{\partial \tau} \right)^2 \right] \right\} d\tau + \frac{\omega}{c^2} \int_{X_A}^{X_B} \mathbf{C} \cdot (\mathbf{X} \times d\mathbf{X}) \quad [6, p. 131] \quad (7)$$

计算, 然后和上面方法一样实现同步。

在公式(6)和(7)中,  $\mathbf{X}_A, \mathbf{X}_B$  是台站  $A, B$  的地心坐标,  $\mathbf{X}$  是流动钟的地心坐标,  $\omega$  是地球自转角速度,  $\mathbf{C}$  是地球的形状轴方向,  $\Delta V$  是流动钟瞬时位置上的重力势与大地水准面重力势之差。

## 三、关于方向问题

某些天体测量技术通过角度的测量确定天体的方向。例如子午环测定天体离开天顶的角距, 照相方法测定一个天体到另一些天体的角距。对于这些技术, 一切影响光线传输方向的因素都影响到观测记录。在这个问题上, 牛顿理论和相对论有不同的概念。在相对论框架中, 方向的概念与坐标系和时间密切相关。对天体测量来说, 区分以下有关方向的概念是需要的。

### 1. 质心坐标方向

这是由质心历表给出的方向。设天体的质心坐标矢量为  $b(T)$ , 则该天体的质心坐标方向为  $\langle b(T) \rangle$ 。这里算符  $\langle \rangle$  表示取单位矢量,  $t$  为质心坐标时。

### 2. 地心几何方向(D)

定义

$$D(T) = \langle b(T) - b_0(T) \rangle \quad (8)$$

为天体的地心几何方向。其中  $b_0(T)$  为地心的质心坐标。由  $\langle b(T) \rangle$  到  $D(T)$  经过了纯几何的变换,  $D(T)$  仍是在质心系中给出的。事件  $b(T)$  和  $b_0(T)$  在质心坐标系中具有坐标同时性。

### 3. 地心坐标方向(R)

定义

$$R(T_0) = \langle b(T) - b_0(T_0) \rangle \quad (9)$$

为天体相对于地心的坐标方向。其中  $T_0$  为光子到达地心时刻的质心坐标时,  $T$  则是光子离开天体的坐标时刻。 $R(T_0)$  仍是在质心系中描述的。

#### 4. 地心自然方向( $\dot{r}$ )

地心坐标方向  $R(T_0)$  是假定没有引力场存在的情况下地心的瞬时位置处在质心坐标系中静止的观测者所看到的方向。由于存在引力场, 任何一个观测者都观测不到  $R(T_0)$  方向。引力场中瞬时地心位置上的静止观测者所看到的方向  $\dot{r}$  是零测地线的切线方向在地心自然标架中的空间投影。 $\dot{r}$  和  $R$  之差是光线的引力偏转  $\eta$ , 即

$$\dot{r} = R + \eta \quad (10)$$

#### 5. 地心视方向( $r$ )

位于地心的观测者随地球一起在太阳系引力场中运动, 因此他所看到的方向(称为视方向)  $r$  不同于自然方向  $\dot{r}$ 。视方向是地心处在太阳系引力场中作自由下落运动的局部惯性系中所看到的方向  $r$  与  $\dot{r}$  之差为  $k$ , 即

$$r = \dot{r} + k \quad (11)$$

$k$  通过劳伦兹变换取得。在精确到  $\frac{1}{c}$  项的近似下,  $k$  等于经典的光行差位移。

#### 6. 站心本征方向( $r_0$ )

这是固定于观测站处的局部惯性系中的视方向。 $r_0$  与  $r$  的差异是与地球的周日自转有关的周日项, 这样

$$r_0 = r + \text{周日项} \quad (12)$$

#### 7. 观测方向( $\rho_0$ )

这是地面观测者实际观测到的方向。 $\rho_0$  与  $r_0$  的差  $\Delta\theta$  由蒙气差引起。 $\rho_0$  所对应的站钟记录时刻为  $\tau$ 。这样

$$\rho_0(\tau) = r_0 + \Delta\theta \quad (13)$$

原时  $\tau$  和坐标时  $T_0$  为光子到达观测者处的事件在不同时间尺度中的时刻, 其关系如前一部分所述。光子发出时刻  $T$  与  $T_0$  之差为实际光行时, 它包含由坐标距离  $|R|$  所确定的真空光行时, 引力场产生引力时延, 大气折射引起的光学时延几个部分所组成。

需要指出, 相对论对天体发出的光线到达观测者时的方向的影响, 仅对那种以天体的视方向为观测量的技术所取得的记录结果起作用, 对于那些并非观测方向的技术如 VLBI, SLR, 上述因素将不对观测记录带来影响。这一点在一些工作中被混淆了。有的归算 VLBI 的软件依据光线的引力偏转计算附加时延<sup>[12,13,14]</sup>, 文献[15]则把光行差作为产生附加时延的一种因素。

#### 四、光行时中的相对论问题

VLBI 激光测距及雷达测距等技术, 均通过测定光行时(或较差光行时)实现距离(或较差距离)的测定。在牛顿理论中, 距离简单地等于光行时乘真空中的光速, 而光行时则可由站钟直接提供。在相对论框架中, 坐标光行时( $T_0 - T$ )和坐标距离 $|b_0(T_0) - b(T)|$ 的关系可以形式地写成

$$c(T_0 - T) = |b_0(T_0) - b(T)| + c\Delta T \quad (14)$$

其中 $\Delta T$ 为坐标光行时中的相对论项。在太阳系引力场中, 光线传播轨迹不是直线, 速度也不等于 $c$ , 两因素共同引起 $\Delta T$ 项。 $\Delta T$ 可由

$$c\Delta T = (1 + \gamma) \sum_A \frac{GM_A}{c^2} \ln \frac{|b_0 - b_A| + |b - b_A| + |b_0 - b|}{|b_0 - b_A| + |b - b_A| - |b_0 - b|} \quad [15, p.148] \quad (15)$$

其中下标 $A$ 代表引力场中的引力源,  $b_0$ ,  $b$ 和 $b_A$ 分别是观测者被测天体引力源的质心坐标。 $\gamma$ 是空间弯曲参量, 对于广义相对论,  $\gamma = 1$ 。

频率测量是以光行时测量为基础的。多普勒技术通过测定接收信号的频率变化给出观测者与信号源之间的相对运动信息。设频率源在其世界线上的原时间隔 $d\tau$ 内发出 $n$ 个脉冲, 相应的频率为 $f$ 。在观测者世界线上原时间隔 $d\tau_0$ 内接收到 $n$ 个脉冲, 相应频率为 $f_0$ 。那么,  $f$ 和 $f_0$ 的关系可表示成

$$\frac{f_0}{f} = \frac{1 + \frac{1}{c} \left( \langle b - b_0 \rangle' \frac{db}{dt} \right) - \frac{1}{c^2} U - \frac{1}{2c^2} \left( \frac{db}{dt} \right)^2}{1 + \frac{1}{c} \left( \langle b - b_0 \rangle' \frac{db_0}{dt} \right) + \frac{1}{c^2} U_0 + \frac{1}{2c^2} \left( \frac{db_0}{dt} \right)^2} \quad [15, p.147] \quad (16)$$

这里 $U$ 和 $U_0$ 是信号源和观测者处的引力势,  $b$ 和 $b_0$ 是信号源和观测者的坐标矢量。

光行时的相对论时延还体现在脉冲星的计数观测中。毫秒脉冲星具有非常稳定的发射频率。它不仅比任何人造频率源更稳定, 而且对它的观测也是测定黄道的一种新途径<sup>[16]</sup>。设一脉冲到达观测者和到达太阳系质心的质心坐标时分别为 $T_0$ 和 $\tilde{T}$ , 则有

$$T_0 - \tilde{T} = -\frac{1}{c} \langle b \rangle' b_0 + \frac{1}{2c} a_u^{-1} \sin \tilde{\omega} |\langle b \rangle \times b_0|^2 + \Delta T \quad [16, p.259] \quad (17)$$

其中 $T_0$ 由脉冲到达时的原时记录转换得到,  $\tilde{T}$ 由脉冲计数推算。脉冲星的坐标方向 $\langle b \rangle$ 由 VLBI 测定给出。 $b_0$ 是观测者的质心坐标, 与地球轨道根数有关。 $\Delta T$ 是光行时的相对论改正项, 如公式(15)所示。 $\tilde{\omega}$ 是脉冲星视差,  $a_u$ 是天文单位。通过多次观测, 可以解出与 $b_0$ 有关的参数, 即实现对黄道的测定。

#### 五、历表中的相对论项

为解释观测结果, 需要建立太阳系天体的精密历表。历表中的相对论项主要涉及以下几种因素。

1. 在不同坐标系中, 历表的时间尺度和距离尺度均不同, 需作相应变换。时间尺度的变化如前述。在质心系和地心系中, 月亮和人卫历表中的距离尺度变化为  $10^{-8}$  量级<sup>[15]</sup>。

2. 球对称引力场引起的轨道近点和交点的进动。如太阳引力场引起水星近日点进动速度为  $0''.48/\text{年}$ , 地球引力场引起的 Lageos 卫星的近地点进动约达  $3''/\text{年}$ 。交点进动具有相同的量级<sup>[16]</sup>。

3. 中心天体的自转引起的引力磁场效应产生近点和交点的附加进动, 它们比球对称引力场的影响小 2 个量级<sup>[16]</sup>。

4. 后牛顿多极矩效应, 这是历表中的牛顿摄动项与后牛顿项的联合效应。

但是问题在于, 相对论历表并不简单地等于牛顿历表加一些小的改正。而且太阳系并不是静止球对称场, 这使问题复杂化。以 PPN 度规为基础的太阳系动力学理论已经建立。有关的详细论述见文献[15]。

## 六、关于参考系

参考系这个术语涉及一个理想定义的坐标系, 一个借以实现所定义的坐标系的物理参考架, 以及一组把理想的坐标系和观测相联系的天文常数。

### 1. 关于惯性坐标系

在牛顿理论框架下, 把惯性坐标系作为所定义的理想坐标系。而所谓惯性系是建立在绝对空间上的, 该坐标系适用于整个宇宙。

在相对论框架中, 惯性坐标系是在引力场中作自由下落运动的局部坐标系, 其坐标轴的方向存在测地岁差旋转。不可能建立一个适用于全宇宙的惯性坐标系。和河外天体的方向固定在一起的坐标系不是惯性坐标系。

目前在天体测量学中, 惯性系这个术语的使用仍存在混乱。许多文章中仍把河外天体实现的坐标系称为惯性系。我们认为直接称之为河外天体参考系为宜。

### 2. 坐标变换

在牛顿框架中, 不同坐标系之间变换是纯几何的变换, 包括坐标原点平移和坐标轴方向的旋转。

在相对论框架中, 坐标系的定义取决于对引力场的描述。对于不同的坐标系间的变换, 除了要考虑坐标原点和坐标轴方向之间的差异以外, 还涉及时间尺度和距离尺度的变换。在当前的天体测量资料实际处理中, 坐标变换包括一个欧氏空间的坐标变换(平移和旋转), 和相对论的测地岁差旋转, 再加上时空尺度变换修正。

### 3. 天文常数

在牛顿框架下, 天文常数与坐标系无关, 它们适用于各种坐标系。过去各天文常数系中, 并未对它们适用于什么坐标系作出说明。

在相对论框架下, 时空尺度与坐标系有关。比如地球和月球间平均距离, 在地心系和在质心系中应是不同的。这个距离上的光行时, 在地心坐标时尺度和在质心坐标时尺度中是不同的。现在的问题是, 在不同坐标系中, 所使用的国际基本单位米和秒是否一样。这个问题目前正在讨论之中<sup>[18]</sup>。

## 七、结 束 语

前面我们提及在天体测量中所涉及到的一些相对论问题。可以看出,基本讨论方法是对牛顿框架中的概念作一项项修正,还不是在相对论框架重新建立天体测量新的理论体系。人们已开始从相对论出发,对天体测量中的基本问题,如坐标,观测者,时空概念等进行讨论,但这些还没有形成系统理论,更未进入实际归算中。在这种情况下,孤立地使用某项相对论改正是危险的,可能会使结果更坏。这是因为孤立地加某项改正使所用的归算理论失去自洽性。对天体测量来说,历史上留下的测量资料所建立起的坐标系、常数等都是在牛顿框架下进行的。今天在继承这些历史资料和采用新的归算理论之间,存在一个如何协调一致的问题。

总之,天体测量学家所面临的不是仅仅推导和使用若干项孤立的相对论改正这样的任务,而是要在新的理论框架下重新建立天体测量理论体系。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] Kovalavsky, J., in Reference Frames in Astronomy and Geophysics, ed. by J. Kovalevsky et al., p. 15, (1989).
- [ 2 ] IRES Annual REport for 1988, p. I-68-I-74 (1989).
- [ 3 ] Perryman, M., HIPPARCOS Satellite Status, ASTR News of ESA., No. 10, p. 1, (1989).
- [ 4 ] Jefferys, W. H. et al., *Celestial Mechanics*, 37 (1985), 299.
- [ 5 ] 金文敬, 天文学进展, 8 (1990).
- [ 6 ] Murray, C. A., *Vectorial Astrometry*, p. 128-135, p. 259, (1983).
- [ 7 ] Guinot, B., *Celestial Mechanics*, 38 (1986), 155.
- [ 8 ] 黄天衣等, 天文学进展, 7 (1989), 43.
- [ 9 ] 关于天文常数, 时间尺度与基本参考系的决议, 天文进展, 2 (1982), 62.
- [ 10 ] IERS Technical Note 3, IRES Standards, p. 66 (1989).
- [ 11 ] MERIT Standards, USNO Circular No. 167, (1983).
- [ 12 ] Ma, C., in NASA Technical Memorandum 79582, p. 62, (1978).
- [ 13 ] Ma, C., in Reference Frames in Astronomy and Geophysics, ed. by J. Kovalevsky et al., p. 43, (1989).
- [ 14 ] GSFC VLBI Group, CALC for HP 1000, Version 5 (1981).
- [ 15 ] Soffel, M. H., in *Relativity in Astronomy, Celestial Mechanics and Geodesy*, p. 147-150, (1988).
- [ 16 ] Bartel, N. et al., *A. J.*, 90 (1985), 318.
- [ 17 ] Fukushima, T. et al., *Celestial Mechanics*, 36 (1986), 215.
- [ 18 ] IAU-WGRS/SGAC, Questionnaire on System of Astronomical Constants (1990).

(责任编辑 舒似竹)

## Relativity Effect Astrometrists Face

Zhao Ming

(Shanghai Observatory, Academia Sinica)

### Abstract

At present, Astrometrists can not pay no attention to relativity any longer. The effects of relativity on a lot of subjects in astrometry have been discussed and applied in reduction of data. However, it is far from complete solution to this preblem. A new theoretical system of astrometry in the frame of relativity ought to be finished. In this paper, the present situation in research on relativity in astrometry was summarized.