

# IERS 1996 规范在参考系方面的改进

夏 一 飞      萧 耐 园

(南京大学天文系 南京 210093)

## 摘 要

对 IERS 1996 规范中有关参考系方面作了简单而系统的介绍,重点叙述了与 IERS 1992 标准相比 IERS 1996 规范在参考系方面的主要改进:天球参考架中的基本源从 57 颗增加到 236 颗;动力学参考架采用 JPL DE403/LE403 历表代替 DE200/LE200 历表;采用 NUVEL NNR-1A 板块运动模型代替 NUVEL NNR-1 模型;变更了 9 个基本常数;给出了天极坐标的观测和理论间差的经验模型,即 IERS 1996 岁差/章动理论;更改了 VLBI 时间延迟公式中总的引力势表达式,从而与 SI 秒的规定相一致。IERS 1996 规范还存在一定缺陷,需要进一步改进和提高。

**关键词** 国际地球自转服务 — 参考系

**分类号**: P183.31

国际地球自转服务 (IERS) 的最新标准参考系统为 IERS 1996 规范<sup>[1]</sup>,它在 1983 MERIT 标准<sup>[2]</sup>、IERS 1989 标准<sup>[3]</sup>和 IERS 1992 标准<sup>[4]</sup>的基础上进行了改进。它定义了目前 IERS 使用的常数、模型、方法和计算步骤等,从而为实际应用提供基准和比较。

IERS 1996 规范明确将参考架和参考系予以区分。参考架是指参考点坐标组成的某个表,其它点的坐标可用相对参考点的较差测量而求得。参考系则是指用来建立和维持参考架的模型、过程、方法等的总体。

本文对 IERS 1996 规范中参考系方面作简明而系统的介绍,涉及天球参考系,动力学参考架,地球参考系,数值标准,天球参考系和地球参考系间的变换,时间、坐标、运动方程的广义相对论模型及电磁波传播的相对论模型,重点叙述 IERS 1996 规范 (以下简称 96 规范) 相对 IERS 1992 标准 (以下简称 92 标准) 在参考系方面的主要改进。

## 1 IERS 天球参考系

IERS 天球参考系 (ICRS) 是由 VLBI 确定的一套河外天体的 J2000.0 赤道坐标,即 IERS 天球参考架 (ICRF) 来实现的<sup>[5]</sup>。1997 年 IAU 决议采用 ICRS 为 IAU 协议的天球参考系,又称国际天球参考系<sup>[6]</sup>。

ICRS 的原点在太阳系质心, 最初坐标轴的方向是与 FK5 相一致。它的极轴指向 IAU 的 J2000.0 平极, 它的赤经原点是利用 3C273B 在 FK5 星表中的赤经  $12^{\text{h}}29^{\text{m}}06^{\text{s}}.6997(\text{J}2000.0)$  而连接的。ICRS 相对惯性空间不存在整体旋转。ICRS 的极位置可根据对 VLBI 观测的分析及 IAU 岁差和章动模型而被监测。由计算得到, 它相对 J2000.0 平极在  $12^{\text{h}}$  方向存在  $(17.3 \pm 0.2)\text{mas}$  的差异, 在  $18^{\text{h}}$  方向存在  $(5.1 \pm 0.2)\text{mas}$  的差异。将 VLBI 和 LLR 的综合结果与行星历表相比较, 得 ICRS 的赤经原点与 J2000.0 平春分点相差  $(78 \pm 10)\text{mas}^{[7]}$ 。ICRS 的极位置和赤经原点与 J2000.0 对应位置的差异都没有超出 FK5 星表的不确定性范围 (FK5 极位置相对 J2000.0 平极的不确定性为  $\pm 50\text{mas}$ , FK5 赤经原点相对 J2000.0 平春分点的不确定性为  $\pm 80\text{mas}$ )。图 1 分别显示 ICRS 的极和赤经原点与 J2000.0 对应位置的差异。

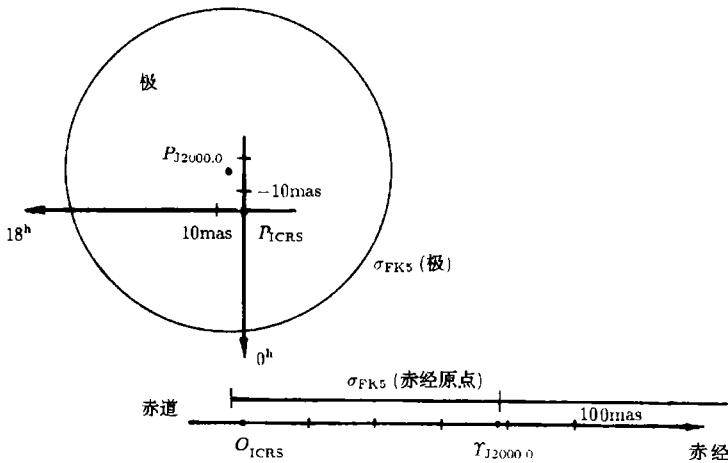


图 1 ICRS 的极和赤经原点

IERS 负责维持 ICRS 坐标轴的方向, 后者的稳定性取决于射电源不存在自行的假设是否能满足。IERS 每年综合给出 ICRF 的新版本。96 规范中 ICRF 包含了更多的射电源和基本源。92 标准中 ICRF 包含 396 颗源, 其中基本源为 57 颗, 而 96 规范中 ICRF 包含 608 颗源, 其中基本源为 236 颗<sup>[8]</sup>。

依巴谷星表和 JPL DE403 历表都参照于 ICRS。

## 2 协议的动力学参考架

96 规范采用 JPL DE403/LE403 历表<sup>[9]</sup>以代替 DE200/LE200 历表, 它将作为国际历表的基础。DE403/LE403 历表的参考架是 ICRF。

表 1 列出两本 DE 历表中常数采用值的比较。显然 DE403/LE403 历表给出的数值有明显的改进, 它所给出的数值是目前最佳的确定值。

表 1 两本 DE 历表中常数采用值的比较

常数名称		DE200/LE200	DE403/LE403
天文单位距离 $A(= C\tau_A)/\text{km}$		149597870.66	149597870.691
天文单位距离的光行时 $\tau_A/\text{s}$		499.00478353	499.0047838061
黄赤交角 $\varepsilon_0(J2000.0)$		23°26'21"4119	23°26'21"412
地月质量比 ( $\mu^{-1}$ )		81.300587	81.300585
行星 质量 倒数	水星	6023600	6023600
	金星	408523.5	408523.71
	地月系	328900.55	328900.560392
	火星	3098710	3098708
	木星	1047.350	1047.3486
	土星	3498.0	3497.898
	天王星	22960	22902.98
	海王星	19314	19412.24
	冥王星	130000000	135200000

### 3 协议的地球参考系

IERS 负责的协议的地球参考系 (CTRS) 也称为国际地球参考系 (ITRS), 它是由一套台站的赤道直角坐标 (包括位置和速度), 即国际地球参考架 (ITRF) 来实现。

ITRS 的原点为地球 (包括海洋和大气) 的质心, ITRS 的尺度是用相对论模型求得, 它与地心坐标时 (TCG) 一致, 长度单位是 SI 米。ITRS 相对地表不存在整体的剩余旋转。它的最初坐标轴与 BIH 在 1984.0 相一致。利用地球定向参数可用来确定 ITRS 的定向。

位于固体地球表面的台站位置可表示为

$$\mathbf{X}(t) = \mathbf{X}_0 + \mathbf{V}_0(t - t_0) + \sum_i \Delta \mathbf{X}_i(t) \quad (1)$$

其中  $\mathbf{X}_0$  和  $\mathbf{V}_0$  为历元  $t_0$  时的位置和速度,  $\Delta \mathbf{X}_i$  为随时间变化的各种效应 (包括固体潮位移、海洋负载、大气负载、冰期后反弹等) 的改正。

地球参考架在考虑永久潮影响时有三个系统<sup>[10]</sup>: 一是零频潮系统, 即包含永久潮影响, 由观测确定的结果对应于零频潮系统; 另一是无潮汐系统, 即不考虑潮汐的所有影响, 是一个理想化的系统; 第三是平均潮系统, 其中永久潮影响从大地水准面中消除, 地壳等价于无潮汐系统。ITRF 的坐标在零频潮系统中给出。

为便于计算, 96 规范给出了从台站的赤道坐标  $(X, Y, Z)$  转换为  $(\lambda, \varphi, h)$  的计算程序以代替以前给出的计算公式。

96 规范采用 NUVEL NNR-1A 板块运动模型<sup>[11]</sup> 代替 NUVEL NNR-1 模型<sup>[12]</sup>。新的板块运动模型是依据最新的空间测量数据求得的板块间相对运动建立的, 它与地质年代记录及其它地球物理信息给出的板块平均速率基本上是一致的。NUVEL NNR-1A 模型增加 Rivera 和 Scotia 两个小的板块, 给出的旋转量单位由  $(^\circ)/10^6\text{yr}$  改为  $\text{rad}/10^6\text{yr}$ 。96 规范给出了由

台站的老位置用新的板块运动模型计算新位置的计算程序。

## 4 数值标准

96 规范中给出的数值标准是按 SI 单位给出, 并假设 SI 秒为地球时 (TT) 时间尺度单位, 因此对应于质心力学时 (TDB) 时间尺度, 时间单位  $t_{\text{TDB}}$  和长度单位  $l_{\text{TDB}}$  被定义为<sup>[13]</sup>

$$t_{\text{TDB}} = t/(1 - L_B), \quad l_{\text{TDB}} = l/(1 - L_B) \quad (2)$$

其中  $t$  和  $l$  为 SI 单位,  $L_B$  为导出常数。

表 2 列出 96 规范与 92 标准相比较中不同的常数。光速  $c$ 、引力常数  $G$ 、黄经总岁差  $p$ 、地球自转角速度  $\omega$  的数值没有改变。另外 96 规范增加了下列常数:

$$\text{大地水准面上的重力势 } W_0 = 62636856.85 \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\text{赤道上的重力 } g_e = 9.780327 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\text{地球重力势的尺度因子 } R_0 = GE/W_0 = 6363672.461 \text{m}$$

时间尺度变换的比例因子

$$L_B = [d(\text{TCB})/d(\text{TT}) - 1]_{\text{平均}} = 1.550519478 \times 10^{-8}$$

$$L_C = [d(\text{TCB})/d(\text{TCG}) - 1]_{\text{平均}} = 1.4808268457 \times 10^{-8}$$

$$L_G = [d(\text{TCG})/d(\text{TT}) - 1]_{\text{平均}} = 6.9692903 \times 10^{-10}$$

$\text{TCB}$  为太阳系质心坐标时,  $\text{TCG}$  为地心坐标时, 下标“平均”表示取括号内的平均值, 消除了周期变化。给出的测地参数是对应于零频潮系统, 每个常数都给出了它们的误差。

## 5 天球参考系和地球参考系间的转换

天体观测的归算需要天球参考系和地球参考系间的坐标转换。96 规范给出了从地球参考系到天球参考系的两种转换方法: 一种是经典的方法, 参照春分点并在转换矩阵中采用格林尼治真恒星时和岁差章动参数; 另一种是参照非旋转原点<sup>[14]</sup>, 利用它作为瞬时赤道上的参考点求得的恒星角可直接反映地球的自转, 并采用天球历书极的坐标展开式代替岁差章动参数<sup>[15]</sup>。非旋转原点现改称为习用历书原点 (CEO)。两种转换的一致性约为  $\pm 0.05 \text{mas}$ 。

由于 IAU 推荐 J2000.0 被定义在地心, 因此岁差和章动表达式中的变量  $t$  更改为

$$t = (\text{TT} - 2000.1.1.12^{\text{h}}\text{TT})/36525 \quad (3)$$

其中  $2000.1.1.12^{\text{h}}\text{TT} = \text{JD}2451545.0\text{TT}$

表 2 96 规范与 92 标准中不同的常数

常数名称	IERS(1992)	IERS(1996)
天文单位距离的光行时 $\tau_A/s$	499.00478353	499.0047838061
地球赤道半径 $a_e/m$	6378136.3	6378136.49
地球的力学形状因子 $J_2$	$1.0826362 \times 10^{-3}$	$1.0826359 \times 10^{-3}$
地心引力常数 $GE/m^3 \cdot s^{-2}$	$3.98600441 \times 10^{14}$	$3.986004418 \times 10^{14}$
月地质量比 $\mu$	0.012300034	0.0123000345
黄赤交角 $\varepsilon_0(J2000.0)$	23°26'21"4119	23°26'21"412
天文单位距离 $c\tau_A/m$	149597870660	149597870691
地球扁率因子 $1/f$	298.257	298.25642
月心引力常数 $GS/m^3 \cdot s^{-2}$	$1.32712440 \times 10^{20}$	$1.327124 \times 10^{20}$

相对于春分点转换中使用到的格林尼治真恒星时  $GST$  的表达式更改为

$$GST = GMST + \Delta\psi \cos \varepsilon_A + 0''.00264 \sin \Omega + 0''.000063 \sin 2\Omega \quad (4)$$

其中  $GMST$  为格林尼治平恒星时,  $\Delta\psi$  为黄经章动,  $\varepsilon_A$  为黄赤交角,  $\Omega$  为月球轨道升交点的平黄经。上述表达式最后两项为累积的赤经岁差和赤经章动<sup>[16]</sup>, 从 1997 年 1 月 1 日起开始加上。

IAU 1980 章动理论的五个基本自变量  $l$ 、 $l'$ 、 $F$ 、 $D$ 、 $\Omega$  的表达式给出到  $t^4$  项, 系数比以前更精确。由 VLBI 和 LLR 观测与由模型定义的协议的天极间的差  $\delta\Delta\psi$  和  $\delta\Delta\varepsilon$  称为天极补偿, 它由 IERS 负责给出。因此改正后的黄极章动  $\Delta\psi$  和交角章动  $\Delta\varepsilon$  为

$$\left. \begin{aligned} \Delta\psi &= \Delta\psi(\text{IAU 1980}) + \delta\Delta\psi \\ \Delta\varepsilon &= \Delta\varepsilon(\text{IAU 1980}) + \delta\Delta\varepsilon \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

为预报章动值及需要先验的章动值, 96 规范给出了岁差章动的经验模型, 即 IERS 1996 岁差 / 章动理论, 它是分析了最近的 VLBI 和 LLR 观测资料进行拟合后得到。IERS 1996 岁差 / 章动理论包括:

(1) IERS 1996 黄经章动  $\Delta\psi$  和交角章动  $\Delta\varepsilon$  序列

$$\left. \begin{aligned} \Delta\psi &= \sum_{i=1}^{263} [(A_i + A'_i t) \sin(\mathbf{N} \cdot \mathbf{F}) + A''_i \cos(\mathbf{N} \cdot \mathbf{F})] \\ \Delta\varepsilon &= \sum_{i=1}^{263} [(B_i + B'_i t) \cos(\mathbf{N} \cdot \mathbf{F}) + B''_i \sin(\mathbf{N} \cdot \mathbf{F})] \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

其中  $\mathbf{N}$  的五个分量  $N_i (i = 1, \dots, 5)$  为整数, 其数值由章动表给出;  $\mathbf{F}$  为与日、月位置有关的 5 个基本自变量矢量。这个序列给出了系数大于 0.001mas 的 263 项, 不仅给出正相部分的系数, 还给出了异相部分的系数。

(2) 岁差速率的改正值。由于行星对月球的摄动, 造成月球引力矩的变化, 从而产生一个附加的黄经岁差和交角岁差:

$$\Delta\dot{\psi}_A = -0''.299/\text{儒略世纪}, \quad \delta\dot{\omega}_A = -0''.024/\text{儒略世纪} \quad (7)$$

(3) IERS 1996 行星黄经章动  $\Delta\Psi_p$  和行星交角章动  $\Delta\varepsilon_p$  序列

$$\left. \begin{aligned} \Delta\Psi_p &= \sum_{i=1}^{118} (A_i + A'_i t) \sin(\mathbf{M} \cdot \mathbf{E}) \\ \Delta\varepsilon_p &= \sum_{i=1}^{118} (B_i + B'_i t) \cos(\mathbf{M} \cdot \mathbf{E}) \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

其中  $M$  的 10 个分量  $M_i (i = 1, \dots, 10)$  为整数, 其数值由行星章动表给出;  $\mathbf{E}$  为与日、月和金、火、木、土等大行星位置有关的 10 个基本自变量矢量。这个序列给出了系数大于 0.001mas 的 118 项。IERS 将每年发表对 IAU 1976 岁差和 IAU 1980 章动理论改正的观测值, 以改进 IERS 岁差 / 章动理论。

章动的频率可写为

$$\omega = \frac{d}{dt} (\mathbf{N} \cdot \mathbf{F}) \quad (9)$$

96 规范给出了 IAU 1980 章动序列中每项章动的正负符号, 并按照协议改正了  $\mathbf{N}$  中的符号。

某一频率  $\omega_s$  的黄经章动和交角章动可看作是一对顺向和逆向圆章动的叠加, 这两个圆章动有相同的频率  $|\omega_s|$ , 但符号相反。规定顺向 (prograde) 章动的频率是正的, 逆向 (retrograde) 章动的频率是负的, 即

$$\omega_{s,\text{pro}} = q_s \omega_s \equiv |\omega_s|, \quad \omega_{s,\text{ret}} = -|\omega_s| \quad (10)$$

其中  $q_s$  是  $\omega_s$  的符号。

96 规范给出了黄经章动和交角章动转换为顺向章动和逆向章动振幅的公式<sup>[17]</sup>

$$\left. \begin{aligned} A_{s,\text{proip}} &= -\frac{1}{2} (\Delta\varepsilon_{s,\text{ip}} - q_s \Delta\Psi_{s,\text{ip}} \sin \varepsilon_0) \\ A_{s,\text{retip}} &= -\frac{1}{2} (\Delta\varepsilon_{s,\text{ip}} + q_s \Delta\Psi_{s,\text{ip}} \sin \varepsilon_0) \\ A_{s,\text{proop}} &= \frac{1}{2} (q_s \Delta\varepsilon_{s,\text{op}} + \Delta\Psi_{s,\text{op}} \sin \varepsilon_0) \\ A_{s,\text{retop}} &= -\frac{1}{2} (q_s \Delta\varepsilon_{s,\text{op}} - \Delta\Psi_{s,\text{op}} \sin \varepsilon_0) \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

其中  $A_{s,\text{proip}}$  和  $A_{s,\text{proop}}$  为角频率  $|\omega_s|$  的顺向章动的正相 (in-phase) 和异相 (out-of-phase) 部分,  $A_{s,\text{retip}}$  和  $A_{s,\text{retop}}$  为对应的逆向章动的正相和异相部分,  $\Delta\Psi_{s,\text{ip}}$  和  $\Delta\Psi_{s,\text{op}}$  为黄经章动的正相和异相部分,  $\Delta\varepsilon_{s,\text{ip}}$  和  $\Delta\varepsilon_{s,\text{op}}$  为交角章动的正相和异相部分。

## 6 时间、坐标和运动方程的广义相对论模型

IAU 在 1976 和 1979 年的第 16、17 届大会上引入了两个新的时间尺度<sup>[18]</sup>, 它们分别为太阳系质心力学时 (TDB) 和地球力学时 (TDT), TDB 为相对于太阳系质心的运动方程组及以此得出的历表中的时间变量, 简称质心力学时, TDT 为用于地心视位置历表的时间变量。1991 年 IAU 第 21 届大会又定义了两个新的时间尺度<sup>[4]</sup>: 太阳系质心坐标时 (TCB) 和地心坐标时 (TCG), 并决议把 TDT 改称为地球时 (TT)。TCB 为 IAU 推荐的太阳系质心参考系中度规表达式中的时间变量, 简称质心坐标时, TCG 为 IAU 推荐的地心参考系中度规表达式中的时间变量。因此在相对论框架下, 存在 4 个天文时间尺度, TCB 和 TDB 属于

太阳系质心参考系, TCG 和 TT 属于地心参考系, 它们间的关系为

$$\left. \begin{aligned} TDT &\equiv TT \simeq TAI + 32^s.184 \\ TCG - TT &= L_G \times \Delta T \\ TCB - TDB &= L_B \times \Delta T \\ TCB - TCG &= L_C \times \Delta T + c^{-2} \mathbf{u}_e \cdot (\mathbf{X} - \mathbf{X}_e) + P \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

其中  $TAI$  为国际原子时,  $\Delta T = (t - t_0)$  用儒略日表示,  $c$  为光速,  $\mathbf{X}_e$  和  $\mathbf{u}_e$  为地心的质心位置和速度矢量,  $\mathbf{X}$  为观测者的质心位置矢量,  $P$  为周期项, 其最大振幅为 1.6ms。

近地卫星轨道测定求解所用的坐标系为太阳系质心参考架和地心参考架。相对论对近地卫星影响可用地球本身的 Schwarzschild(史瓦西) 场来描述, 因此地心参考架更适合去描述近地卫星的运动<sup>[19]</sup>。

人造地球卫星加速度的改正  $\Delta \mathbf{a}$  为

$$\Delta \mathbf{a} = -\frac{GE}{c^2 r^3} \left\{ \left[ 2(\beta + \gamma) \frac{GE}{r} - \gamma u^2 \right] \mathbf{r} + 2(1 + \gamma)(\mathbf{r} \cdot \mathbf{u}) \mathbf{u} \right\} \quad (13)$$

其中  $GE$  为地心引力常数,  $\beta$  和  $\gamma$  为 PPN 参数, 对广义相对论, 它们都等于 1,  $\mathbf{r}$ 、 $\mathbf{u}$  和  $\mathbf{a}$  分别为卫星的地心位置、速度和加速度矢量。

## 7 传播的广义相对论模型

对第  $j$  个引力体, 广义相对论的引力延迟  $\Delta t_{g,j}$  为

$$\Delta t_{g,j} = (1 + \gamma) \frac{GM_j}{c^3} \ln \frac{|\mathbf{R}_{1j}| + \mathbf{K} \cdot \mathbf{R}_{1j}}{|\mathbf{R}_{2j}| + \mathbf{K} \cdot \mathbf{R}_{2j}} \quad (14)$$

其中  $\gamma$  为 PPN 参数, 对广义相对论它等于 1,  $G$  为引力常数,  $M_j$  为第  $j$  个引力体的质量,  $\mathbf{K}$  为源的质心单位矢量,  $\mathbf{R}_{ij}$  为第  $j$  个引力体到第  $i$  个台站的矢量。在微微秒 (ps) 量级, 地球的引力延迟可简化为

$$\Delta t_{g,E} = (1 + \gamma) \frac{GE}{c^3} \ln \frac{|\mathbf{X}_1| + \mathbf{K} \cdot \mathbf{X}_1}{|\mathbf{X}_2| + \mathbf{K} \cdot \mathbf{X}_2} \quad (15)$$

其中  $E$  为地球的质量,  $\mathbf{X}_i$  为第  $i$  台站的地心矢量, 总的引力延迟为

$$\Delta t_g = \sum_j \Delta t_{g,j} \quad (16)$$

VLBI 的总的时间延迟为<sup>[20]</sup>

$$t_2 - t_1 = t_{u_2} - t_{u_1} + (\delta t_{a,2} - \delta t_{a,1}) + \delta t_{a,1} \frac{\mathbf{K} \cdot (\mathbf{W}_2 - \mathbf{W}_1)}{c} \quad (17)$$

其中  $\delta t_{a,i}$  为第  $i$  台站的大气传播延迟,  $\mathbf{W}_i$  为第  $i$  台站的地心速度。  $t_{u_2} - t_{u_1}$  为真空中总的地心延迟

$$t_{u_2} - t_{u_1} = \frac{\Delta t_g - \frac{\mathbf{K} \cdot \mathbf{b}_0}{c} \left[ 1 - (1 + \gamma)U - \frac{|\mathbf{V}_E|^2}{2c^2} - \frac{\mathbf{V}_E \cdot \mathbf{W}_2}{c^2} \right] - \frac{\mathbf{V}_E \cdot \mathbf{b}_0}{c^2} (1 + \mathbf{K} \cdot \mathbf{E}_E / 2c)}{1 + \mathbf{K} \cdot (\mathbf{V}_E + \mathbf{W}_2) / c} \quad (18)$$

其中  $b_0$  为先验的地心基线矢量,  $V_E$  为地心的质心速度。由于 SI 秒是用海平面上的钟以 TAI 速率运行来实现, 因此上式中的总的引力势  $U$  需进行小的改正, 即  $U$  除地心的引力势外, 还应包括地表处的地球势, 在 ps 量级有

$$U = GM_s/R_s c^2 + GE/a_e c^2 \quad (19)$$

其中  $M_s$  为太阳的质量,  $R_s$  为太阳的地心距,  $a_e$  为地球的赤道半径。

对激光测距的传播改正为<sup>[21]</sup>

$$\Delta t = \frac{(1+\gamma)GM_s}{c^3} \ln \left( \frac{R_1 + R_2 + \rho}{R_1 + R_2 - \rho} \right) \quad (20)$$

其中  $R_1$  为引力体质心到光线路径开始处的距离,  $R_2$  为引力体质心到光线路径结束处的距离,  $\rho$  为测距。

## 8 小 结

96 规范与 92 标准相比在参考系方面的主要改进是:

- (1) ICRF 包含了更多的射电源和基本源, 共有 608 颗源, 其中基本源 236 颗。
- (2) 采用 JPL DE403/LE403 历表代替 DE200/LE200 历表。
- (3) 采用 NUVEL NNR-1A 板块运动模型代替 NUVEL NNR-1 模型。
- (4) 取 SI 秒为 TT 的时间尺度单位, 将  $W_0$ 、 $g_e$ 、 $L_B$ 、 $L_C$ 、 $L_G$ 、 $R_0$  作为 IERS 的新的常数, 除  $c$ 、 $G$ 、 $p$ 、 $\omega$  的数值没有改变外, 其余的常数数值都有了改进, 并给出了误差范围。
- (5) 给出了天极坐标的观测和理论间的差的经验模型, 即 IERS 1996 岁差 / 章动理论。
- (6) 给出了章动频率的正负符号, 规范了黄经章动和交角章动转换为顺向章动和逆向章动的振幅的公式。
- (7) VLBI 时间延迟公式中总的引力势  $U$  进行了小的更改, 除地心的引力势外, 还需加上地表处的地球势, 从而与 SI 秒的规定相一致。

96 规范与 92 标准相比在参考系方面虽作了很多改进, 但仍存在一定的缺陷。由 VLBI 建立的天球参考系受湿对流层模型误差和源结构或源位移的影响, ICRF 将产生形变; 96 规范给出的天文常数数值与 IAU 1976 天文常数系统中的其它常数数值及 JPL DE 历表中采用的常数数值是否自洽; 黄经总岁差  $p$  值没有改变, 如何进行修改; 岁差章动的经验模型仅是过渡的经验模型; 在相对论框架下同一个参考系里存在几个时间尺度, 给使用带来一定的麻烦; ……。IAU 参考架工作组、天文标准工作组、岁差章动工作组等正在探讨这些问题, 并将向 2000 年 IAU 第 24 届大会报告和提出建议。

标准和规范的建立不宜经常变换, 必须在一段时间内保持不变, 但另一方面又不可能一劳永逸, 随着观测精度的提高和理论的发展, 必将出现更新和更佳的标准参考系统。



## 参 考 文 献

- 1 McCarthy D D. IERS Conventions(1996), IERS Technical Note 21, Paris: Observatoire de Paris, 1996
- 2 Melbourne W, Anderle R, Feissel M *et al.* Project MERIT Standards, U. S. Naval Observatory Circular No.167, 1983
- 3 McCarthy D D. IERS Standards(1989), IERS Technical Note 3, Paris: Observatoire de Paris, 1989
- 4 McCarthy D D. IERS Standards(1992), IERS Technical Note 13, Paris: Observatoire de Paris, 1992
- 5 Arias E F, Charlot P, Feissel M *et al.* *Astron. Astrophys.*, 1995, 303: 604
- 6 IAU Information Bulletin No.81, 1998, 30
- 7 Folkner W M, Charlot P, Finger M H *et al.* *Astron. Astrophys.*, 1994, 287: 279
- 8 1995 IERS Annual Report, Paris: Observatoire de Paris, 1996, II -31
- 9 Standish E M, Newhall X X, Williams J G *et al.* JPL IOM 314. 10-127, 1995
- 10 Ekman M. *Bull. Geol.*, 1989, 63: 281
- 11 Demets C, Gordon R G, Argus D F *et al.* *Geophys. Res. Lett.*, 1994, 21 : 2191
- 12 Demets C, Gordon R G, Argus D F *et al.* *Geophys. J. Int.*, 1990, 101: 425
- 13 Seidelmann P K, Fukushima T. *Astron. Astrophys.*, 1992, 265: 833
- 14 Capitaine N, Guinot B, Souchay J. *Celes. Mech.*, 1986, 39: 283
- 15 Capitaine N. *Celes. Mech.*, 1990, 48: 127
- 16 Aoki S, Kinoshita H. *Celes. Mech.*, 1983, 29: 335
- 17 Defraigne P, Dehant V, Paquet D. *Celes. Mech.*, 1995, 62: 363
- 18 Kaplan G H. U. S. Naval Observatory Circular No.163, 1981
- 19 Ries J C, Huang C, Watkins M M. *Phys. Rev. Lett.*, 1988, 61: 903
- 20 Eubanks T M. Proceedings of the U. S. Naval Observatory Workshop on Relativistic Models for Use in Space Geodesy, U. S. Naval Observatory, 1991
- 21 Holdridge D B. JPL Space Program Summary 37-48, 1967, 3: 2

## Improvement of Reference System Field in the IERS 1996 Conventions

Xia Yifei Xiao Naiyuan

*(Department of Astronomy, Nanjing University, Nanjing 210093)*

## Abstract

IERS 1996 Conventions define the current best standard reference system. The reference system field is briefly and systematically described, in comparison with IERS 1992 Standards, the major improvements made up with IERS 1996 Conventions are presented. The number of defining source in celestial reference frame increases from 57 to 236, the planetary and lunar ephemerides are the JPL DE403/LE403 instead of DE200/LE200, and the NUVEL NNR-1A Model for plate motion replaces the NUVEL NNR-1 Model, the numerical values of 9 fundamental constants are changed, an empirical model, the IERS 1996 theory of precession/nutation, to be used to predict the difference in the celestial pole coordinates between observation and theory is added, the expression of the total potential in the delay equation is modified to be consistent with the SI second. IERS 1996 Conventions still have some defects. It requires further improvement.

**Key words** International Earth Rotation Service(IERS)—reference system