

中国科学院
上海天文台年刊

Annals of Shanghai Observatory
Academia Sinica

11

1990

中国科学院上海天文台年刊编辑委员会编辑·上海科学技术出版社

中国科学院
上海天文台年刊

Annals of Shanghai Observatory
Academia Sinica

第 11 期

No. 11

中国科学院上海天文台年刊编辑委员会编辑
上海科学技术出版社出版

中国科学院上海天文台年刊

1990年 总第11期

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行

中国科学院上海分院印刷所印刷

开本 787×1092 1/16 印张 15.25 字数 376,000

1990年7月第1版 1990年7月第一次印刷

印数 1—700

ISBN 7-5323-2026 -x/p.16

定价: 5.05元

《上海天文台年刊》编辑委员会

主 编：赵 铭

副主编：朱文耀

委 员：(以姓氏笔划为序)

王兰娟 全和钧 朱文耀 李之方 宋国玄 吴怀玮 赵 铭

钱志瀚 钱伯辰 龚守身 傅承启 翟造成 潘容士

编辑部人员：李之方 徐勉勤

The Editorial Board of Annals of Shanghai Observatory

Editor in Chief

Zhao Ming

Associate Editor

Zhu Wen Yao

Members of Editorial Board

Wang Lanjuan

Quan Hejun

Zhu Wen Yao

Li Zhifang

Song Guoxuan

Wu Huaiwei

Zhao Ming

Qian Zhihan

Qian Bochen

Gong Shoushen

Fu Chengqi

Zhai Zaocheng

Pang Rongshi

Editorial Staffs

Li Zhifang

Xu Mianqin

上海天文台年刊

第 11 期

目 录

武汉 SLR 站地心坐标的精密测定.....	冯初刚	朱文耀	张 华(1)
全球各激光测月分析中心确定 UT 1-UTC 值的比较.....	金文敬	李金岭	聂昭明(6)
1983 年 9 月—1987 年 9 月 SLR 极位置序列的谱估计.....	朱元兰	朱文耀	(13)

* * * * *

疏散星团 NGC 2286 天区恒星的相对自行和成员概率

.....	赵君亮	何燕萍	田凯平	王秀美(19)
PDS 在天体测量中的应用技术.....	王家骥	赵建洪	陈 力(67)	
关于提高恒星三角视差测定精度的研究.....	赵丹青	王家骥	赵君亮(74)	
月球边缘不规则性对月掩星观测的影响.....	钱伯辰	王秀美(80)		
用 α -修正平均平滑月掩星观测资料.....	钱伯辰	范庆元(86)		
VLBI 天体测量观测的南天射电源工作表.....	夏一飞	肖耐国	丁月蓉(94)	

* * * * *

六颗 Flora 群小行星普遍摄动的新结果 I .应用 Hansen 方法自动计算

.....	张 捷	何妙福(100)	
复弧法在归算 ERP 中的应用	冯初刚	朱文耀(114)	
用 Dual 83/20 微机实时收集人卫激光测距资料	孙伊青	陈菊平	李振宇(119)
激光卫星预报轨道的实时改进.....	张忠平	陆文虎(124)	
1988 年上海天文台人卫激光观测报告	人卫激光测距组	(130)	

* * * * *

1987 年 9 月 23 日日环食 6 厘米波段射电观测局部源证认

.....	季德盛	梁世光	秦德昌(134)
高维黑洞的非热辐射与粒子轨道.....	沈有根		(139)

* * * * *

II 型光电等高仪自动观测系统.....	赵 刚	张建卫(144)
VLBI 实验中相位校正信号的强度与相位误差关系的分析	任 旭	(151)

天线参数的计算机自动测量.....	孔 溢 (156)
$\phi 1.56$ 米望远镜观测室圆顶风帘随动系统的计算机控制.....	戴灿澍 (163)
人卫激光测距系统的内光路校准.....	张忠平 杨福民 陈婉珍 (169)
快速扫描球载红外望远镜.....	傅承启 蒋栋荣 贾必有 侯金良 (174)
$\phi 85$ 厘米望远镜镜筒的机械设计.....	龚守身 蒋森瑜 (181)
钛离子泵高压电源.....	张一平 (188)

* * * * *

历代二十八宿距星考.....	郭盛炽 (192)
利用中国古代月掩星资料研究地球自转速率长期变化的方法探索.....	郭盛炽 (199)

* * * * *

上海天文台新型氢原子钟的性能评定.....	翟造成 林传富 黄亨祥 张为群 何建卫 (203)
H_2 氢钟腔一泡结构特征和储存泡涂敷技术.....	陆家复 (209)
新型氢频标的接收和锁相系统.....	江国兴 罗薇华 (213)
上海天文台 VLBI 站的时间基准.....	蔡见祥 吴贤定 (221)

* * * * *

上海天文台 HP 1000 计算机操作系统的生成和安装.....	薛祝和 (227)
----------------------------------	-----------

ANNALS OF SHANGHAI OBSERVATORY

No. 11

CONTENTS

Precise Determination of the Geocentric Coordinates of Wuhan SLR Station	<i>Feng Chugang, Zhu Wenyao and Zhang Hua</i> (1)
Comparison of UT ₁ -UTC Determined by Various Analysis Centers from Lunar Laser Data.....	<i>Jin Wenjing, Li Jinling and Nie Zhaoming</i> (6)
Spectral Estimation of Polar Motion Series from SLR	<i>Zhu Yuanlan and Zhu Wenyao</i> (13)

* * * * *

Relative Proper Motions and Membership Probabilities of Stars in the Region of the Open Cluster NGC 2286	<i>Zhao Junliang, He Yanping, Tian Kaiping and Wang Xiumei</i> (19)
Applied Techniques of PDS in Photographic Astronomy	<i>Wang Jiaji, Zhao Jianhong and Chen Li</i> (67)
On Improving the Accuracy of Determining Stellar Trigonometric Parallaxes	<i>Zhao Huiqing, Wang Jiaji and Zhao Junliang</i> (74)
The Effects of Irregularities of the Lunar Limb on Lunar Occultation Obser- vations	<i>Qian Bochen and Wang Xiumei</i> (80)
Smoothing the Data Lunar Occultation Observation with Alpha-Trimmed means.....	<i>Qian Bochen and Fan Qingyuan</i> (86)
The Candidate Catalog of Southern Radio Sources for VLBI Astrometry	<i>Xia Yifei, Xiao Naiyuan and Ding Yuerong</i> (94)

* * * * *

New Results of General Perturbations for Six Asteroids of Flora Group I. Automatical Computation with Hansen Method	<i>Zhang Jie and He Miaofu</i> (100)
Use of Multiarc Method in Determining ERP	<i>Feng Chugang and Zhu Wenyao</i> (114)
The Real-Time Collecting of SLR Data by a Dual 83/20 Microcomputer	<i>Sun Yiqin, Chen Juping and Li Zhenyu</i> (119)
Real Time Improvement of SLR Prediction	<i>Zhang Zhongping and Lu Wenhui</i> (124)
Satellite Laser Ranging Observations at Shanghai Observatory in 1988	<i>SLR Group</i> (130)

- The Identification of S-Component Sources in Radio Observation of the
Annular Solar Eclipses on 23 September 1987 at 6-cm Wavelength
.....*Ji Desheng, Liang Shiguang and Qin Dechang* (134)
- The Non-Thermal Radiation and the Particle Orbits for the High Dimensional
black Hole.....*Shen Yougen* (139)

* * * * *

- The Automatic Observation System of the photoelectric Astrolabe Type II
..... *Zhao Gang and Zhang Jianwei* (144)
- An Analysis of the Phase-error due to Injection of Phase Calibration Signal
in MK-III VLBI Terminal*Ren Xu* (151)
- A Computer System for Measuring the Antenna Parameters.....*Kong Yi* (156)
- A Microcomputer Control System for the 1.56 m Equatorial Telescope
Dome at Shanghai Observatory.....*Dai Canceng* (163)
- The Internal Feedback Calibration of the SLR System
.....*Zhang Zhongping, Yang Fumin and Chen Wanzhen* (169)
- Balloon-Borne Rapid Scanning IR Telescope
.....*Fu Chengqi, Jiang Dongrong, Jia Biyou and Hou Jinliang* (174)
- The Mechanical Design of the ϕ 85 cm Telescope Tube
.....*Gong Shoushen and Jian Senyu* (181)
- A High Voltage Power Supply for A Ion Pump.....*Zhang Yiping* (188)

* * * * *

- On the Determinative Stars of 28 Lunar Mansions in the Ancient China
.....*Guo Shengchi* (192)
- On the Method of Studying the Secular Variation of the Earth's Rotation
Rate from the Lunar Occultation Records in Ancient China
..... *Guo Shengchi* (199)

* * * * *

- Performance Evaluation of the Shanghai Observatory's New Hydrogen Maser
.....*Zhai Zaocheng,*
Lin Chuanfu, Huang Hengxiang, Zhang Weiqun and He Jianwei (203)
- Characteristics of the Cavity-Bulb Construction of the Hydrogen Maser H₂
and Coating Technology of the Storage-Bulb.....*Lu Jiafu* (209)
- Receiving and Phase-Locked Loop System Used for A New Type of H-Maser
Frequency Standard.....*Jiang Guoxing and Luo Weihua* (213)
- Time Reference of VLBI.....*Cai Jianxiang and Wu Xianding* (221)
- The Installation and Generation of HP 1000 Computer Operating System at
Shanghai Observatory.....*Xue Zhuhe* (227)

武汉 SLR 站地心坐标的精密测定*

冯初刚 朱文耀 张 华

提 要

目前全球激光测距网日臻完善,国内的激光测距网也已初具规模,上海、武汉、长春等的 SLR 站已投入了正常观测。本文利用两批武汉站的 1985 年激光测 LAGEOS 卫星的资料,与同期的全球 SLR 网的资料一起,应用动力法^[1],精密测定了武汉站的地心坐标。在归算中为了减弱地球自转参数的误差和力学模型的不确定性对测定测站坐标的影响,我们设计了多级复弧法,在不同弧段长度内联合解算地球自转参数、卫星轨道和武汉站的坐标,测得的武汉站地心坐标:

$$\begin{aligned} \text{高度 } h &= 38.871 \text{ m} \pm 0.053 \text{ m} \\ \text{经度 } \lambda &= 114^{\circ}3462470 \pm 1^{\circ}2 \times 10^{-6} \\ \text{纬度 } \phi &= 30^{\circ}5418007 \pm 1^{\circ}1 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

一、观测资料和解算方法

在归算中,全球网 SLR 资料是经过预处理后三分钟一个资料点的标准点资料。武汉站资料由武汉地震研究所和武汉测地所提供,预处理时进行了野值剔除。由于武汉站提供的资料为非标准点,我们取观测偏差为 100 cm,其他站为 50 cm。武汉站提供的资料共 1250 条,基本上分成两大段:1985 年 7 月 15 日至 8 月 19 日和 1985 年 9 月 11 日至 9 月 28 日。具体分布见表 1。

表 1 武汉站 1985 年 7 月—9 月激光测 LAGEOS 资料
Table 1 Observational data of laser ranging to Lageos during
July-Sept. 1985 at Wuhan station

时 间	7月 15日	18日	26日	27日	28日	8月 2日	3日	5日	13日	14日	16日	19日	9月 11日	28日
总 点 数	28	18	11	18	17	59	336	23	12	94	67	6	237	193
有效点数	12	—	4	—	—	45	233	15	6	51	39	2	168	—

在解算过程中,我们采用三级复弧法。武汉站的坐标作为全局量,在整个弧段上解算。卫星的轨道 $\vec{r}$ 及 $\dot{\vec{r}}$ 和 动力学参数 C_D 、 C_R 作为一级局部量在 6 天的弧段长度上解算。地球自转参数 x_p 、 $\dot{x}_p$ 、 y_p 、 $\dot{y}_p$ 和 D_R 作为二级局部量在 3 天的弧段长度上解算^[2]。三级复弧法使用的具体情况见表 2。

对这些资料采用动力测地法求解^[3],最后可得到^[4]:

$$UX_0 = b, \text{ 协方差矩阵 } P = (U^T D U)^{-1} \quad (1)$$

U 为 $n \times n$ 维的单位上三角矩阵, D 为 $n \times n$ 维的正的非奇异对角阵, b 为 $n \times 1$ 维矩阵, X_0 为 n 个元素的解向量。

* 1989 年 4 月 15 日收到。

表 2 三级复弧法中各级弧段长及解算参数
Table 2 Solved parameters and length of arc of each stage
in the method of third-stage-multiarc

解算参数	弧 段 长 度															
全局量 P_{sto}	(7月15日—8月19日 + 9月10日—15日 + 9月23日—28日)															
一级局部量 R_i	6 天		6 天		6 天		6 天		6 天		6 天		6 天		6 天	
V, C_D, C_R	7月15日—20日		7月21日—26日		7月27日—8月1日		8月2日—7日		8月8日—13日		8月14日—19日		9月10日—15日		9月23日—28日	
二级局部量 ERP	3天	3天	3天	3天	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	3天	3天

应用复弧法要求把解向量 X_0 以及 U 、 D 、 b 矩阵分解成全局量、局部量。对三级复弧法, 还要将局部量分解成一级局部量、二级局部量。一级局部量与二级局部量的关系类似于全局量和局部量的关系。

$$\begin{aligned}
 X_0 &= \begin{bmatrix} X_{L_1} \\ X_{L_2} \\ \vdots \\ X_{L_8} \\ X_g \end{bmatrix}, \quad D = \begin{bmatrix} D_{L_1} & & & & \\ & D_{L_2} & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & D_{L_8} & \\ & & & & D_g \end{bmatrix}, \quad U = \begin{bmatrix} U_{L_1} & 0 & \cdots & 0 & R_{L_1 g} \\ & U_{L_2} & \cdots & 0 & R_{L_2 g} \\ & & \ddots & & \vdots \\ & & & U_{L_8} & R_{L_8 g} \\ & & & & U_g \end{bmatrix}, \\
 b &= \begin{bmatrix} b_{L_1} \\ b_{L_2} \\ \vdots \\ b_{L_8} \\ b_g \end{bmatrix}
 \end{aligned} \quad (2)$$

其中,

$$\begin{aligned}
 X_{L_i} &= \begin{bmatrix} x_{ERP1} \\ x_{ERP2} \\ x_{L_i ERP} \end{bmatrix}, \quad D_{L_i} = \begin{bmatrix} D_{ERP1} & & \\ & D_{ERP2} & \\ & & D_{L_i ERP} \end{bmatrix}, \quad U_{L_i} = \begin{bmatrix} U_{ERP1} & 0 & R_{L_i ERP1} \\ & U_{ERP2} & R_{L_i ERP2} \\ & & U_{L_i ERP} \end{bmatrix}, \\
 b_{L_i} &= \begin{bmatrix} b_{ERP1} \\ b_{ERP2} \\ b_{L_i ERP} \end{bmatrix}
 \end{aligned} \quad (3)$$

在归算中所采用的参考系、力学模型和测量模型如下^[5]:

参考系:

- (1) J 2000.0 的平赤道和平春分点;
- (2) 站坐标为上海天文台的[SSC(SHA)87 L 01]+[AM 1-2]板块运动模型;
- (3) IAU 1976 岁差模型(Lieske et al., 1977);
- (4) IAU 1980 章动模型(Wahr, 1981);
- (5) DE 200/LE 200 行星历表。

力学模型:

- (1) GEM-L₂ 地球引力模型, 取 $GE = 398600.4404 \text{ km}^3/\text{sec}^2$,

表 3 解算结果——武汉站地心坐标

Table 3 The geocentric coordinates of Wuhan SLR Station

弧 长 类 别	7 月15日—8 月19日 + 9 月10日—15日		7 月15—8 月 7 日		8 月 8 日—19日 + 9 月10日—15日		
	坐 标	地心坐标	中 误 差	地心坐标	中 误 差	地心坐标	中 误 差
高度(米)		38.871	±0.053	38.781	±0.079	38.931	±0.073
经度(度)		114.3462470	±1.2×10 ⁻⁶	114.3462484	±1.6×10 ⁻⁶	114.3462478	±1.5×10 ⁻⁶
纬度(度)		30.5418007	±1.1×10 ⁻⁶	30.5418002	±1.3×10 ⁻⁶	30.5418000	±1.4×10 ⁻⁶

表 4 全球测站的资料情况

Table 4 Data status of the global stations

序 号	站 编 号	站 名 称	资料点数	残差(米)
1	1181	POTSDM	31	0.178
2	7086	MCDON	237	0.055
3	7090	YARAG	488	0.083
4	7105	GRF 105	503	0.051
5	7109	QUINC 2	727	0.067
6	7110	MNPEAK	501	0.049
7	7122	MAZTLN	231	0.070
8	7210	HOLLAS	334	0.080
9	7834	WETZEL	380	0.079
10	7835	GRASSE	498	0.104
11	7838	SHO	569	0.092
12	7839	GRAZ	221	0.090
13	7840	RGO	490	0.086
14	7843	ORLLLR	180	0.092
15	7907	ARELAS	763	0.087
16	7939	MATERA	1164	0.090
17	7845	WUHAN	575	0.135

- (2) 日、月引力;
- (3) Wahr 的固体潮汐模型(O_1 、 P 、 RES_2 、 K_1 、 RES_1 、 ψ_1 、 M_2 、 S_2);
- (4) Schwiderski 海潮模型(2 阶—6 阶);

表 5 武汉站观测资料分析

Table 5 Analytic results of data of Wuhan station

日 期	原来的残差(米)	距离偏差(米)	时间偏差(秒)	新残差(米)	观 测 数
7月15日	0.219	0.115	-0.000074	0.097	12
7月26日	0.071	—	—	—	4
8月2日	0.136	0.021	0.000021	0.131	45
8月3日	0.122	0.047	0.000012	0.113	233
8月5日	0.073	0.025	0.000008	0.068	15
8月13日	0.169	-0.062	0.000111	0.075	6
8月14日	0.104	-0.048	0.000000	0.092	51
8月16日	0.117	0.045	0.000037	0.115	39
8月19日	0.295	—	—	—	2
9月11日	0.157	-0.082	-0.000011	0.132	168

(S_{aa} 、 M_n 、 M_f 、 O_1 、 Q_1 、 P_1 、 K_1 、 N_2 、 M_2 、 S_2 、 K_2);

(5) 太阳光压和地球辐射压(光压系数 C_R 作为待估参数);

(6) 沿迹加速度(系数 C_D 作为待估参数)。

测量模型:

(1) Marini-Murray 大气折射模型;

(2) Lageos 卫星的归心改正: 24 cm;

(3) 固体潮引起的台站位移(MERIT 规范);

(4) 海潮负荷引起的台站位移(MERIT 规范)。

归算中所有待估参数都不加任何先验约束。

二、结果与分析

应用上述解算方法,最后得到武汉人卫站在 SSC(SHA)87 L01 激光地心坐标系统中的地心坐标,结果列于表 3。

从计算结果看所解结果的内符精度是相当好的。高度的中误差约 5.3 cm。经度的中误差约 1.2×10^{-6} , 合 13.6 cm。纬度的中误差约 1.1×10^{-6} , 合 12.1 cm。由于这是首次用激光测 LAGEOS 卫星资料归算武汉站地心坐标,我们用 7月15—8月7日资料归算了一个结果,用 8月8日—9月15日资料归算了另一个结果,算是外符。这二个结果也列在表 3 中。从表 3 可以看到这两个结果相互符合得很好,它们与全部资料归算的结果也符合得很好。可以相信,这里解得的武汉站的地心坐标是可靠的。采用三级复弧法解地面测站坐标,首先可以避免极移不准确带来的误差,因为极移量是同时求解的;其次可避免长弧定轨不准确带来的误差,因为轨道已分为 6 天一组,有 7 组轨道同时求解;另外可以有效地利用零星观测资料,因为复弧法不要求每组轨道必须相互连续,如第 6 组轨道与第 7 组轨道就是如此。

表 4 列出了全球各 SLR 站观测资料拟合轨道的中误差。

从表 4 看, 全球各 SLR 站观测拟合轨道的整体中误差为 8.3 cm。武汉站的中误差较大为 13.5 cm。我们对残差进行了分析, 综合起来看: (1) 武汉站的观测资料有几圈通过的距离偏差、时间偏差较大, 为此我们已经剔除两圈通过: 7 月 18 日和 9 月 28 日的观测。这两个通过明显地存在 50 cm 以上的系统差; (2) 武汉站的观测资料本身的噪声也比较大, 这可能是武汉站的 SLR 系统尚属第二代系统(最近, 武汉站已建立了第三代 SRL 系统)。具体分析见表 5。

表 5 中新残差为原来残差扣去距离偏差和时间偏差改正。解算地面测站坐标和测定板块运动, 利用 LAGEOS 卫星激光测距资料, 使用三级复弧法^[2], 是合理的, 即地球自转参数、卫星轨道及动力学参数 C_0 、 C_1 和测站坐标同时解算。

本文工作中用到的武汉 SLR 站的资料是武汉地震研究所和中国科学院测量与地球物理研究所的同事们提供的, 在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] Tapley, B. D. et al., J. G. R., pp. 9235—9248, 90(1985)
- [2] 张华, 多级复弧法在测板块中的应用, 硕士论文, 上海天文台, 1988 年.
- [3] 何妙福等, 中国科学, A 辑, 第 636—643 页, 1982 年.
- [4] 冯初刚等, 科学通报, 第 3 期, 第 199—202 页, 1989 年
- [5] Melbourne, W. et al., MERIT Standardt, third draft, 1983.

PRECISE DETERMINATION OF THE GEOCENTRIC COORDINATES OF WUHAN SLR STATION

Feng Chugang Zhu Wenyao Zhang Hua
(Shanghai Observatory, Academia Sinica)

Abstract

By operating the second-generation satellite laser ranging system at Wuhan satellite tracking station, 10 passes and 575 ranging points for LAGEOS were obtained from July 1985 to Sept. 1985. Incorporating these observational data with those obtained from laser ranging to LAGEOS at 16 satellite tracking stations all over the world during this interval, the geocentric coordinates of wuhan Station in the SSC (SHA) system have been determined accurately by dynamic method and multistage-multiarc method with 7 arcs of 42 days. The mean geocentric coordinates are:

$$\begin{aligned} H &= 38.871 \text{ m} & (\pm 0.053 \text{ m}) \\ \lambda &= 114^\circ 34' 24.70'' & (\pm 1.2 \times 10^{-6}) \\ \phi &= 30^\circ 54' 18.007'' & (\pm 1.1 \times 10^{-6}) \end{aligned}$$

全球各激光测月分析中心确定 UT 1-UTC 值的比较*

金文敬

(中国科学院上海天文台)

李金岭 聂昭明

(中国科学院云南天文台)

提 要

本文研究了 1986—1988 年美国喷气推进实验室、法国地球动力学中心和上海天文台用激光测月资料推算的 UT 1-UTC 值, 并与国际地球自转参数服务给出的 UT 1-UTC 值作比较, 得到了各分析中心推算 UT 1-UTC 值的内符和外符。

一、引 言

在现代三种新技术中, 激光测月最早进入常规观测和具有最长的观测历史, 并已在地球物理、月球物理和广义相对论的验证方面作出了贡献。由于观测技术的复杂和月球离地球比人造卫星离地球遥远得多, 所以 1969 年 8 月到 1982 年全球仅一个台站进行常规观测。到 1985 年全球建立了 3 个激光测月台站, 初步形成了激光测月的观测网。在国际地球自转参数服务中有四个测月资料的分析中心: 美国喷气推进实验室(JPL), 法国地球动力学中心(CERGA), 上海天文台(SHA)和美国得克萨斯大学天文系(TEXAS), 其中前两个单位每月向国际地球自转参数服务中心(IE-RS)提供分析结果, 上海天文台因为信息和数据的传送问题未完全解决, 因此只能每年提供分析结果, 得克萨斯大学天文系至今没有正式发表其分析结果。

二、激光测月的观测情况

表 1 和图 1 为全球各个台站激光测月的情况, 其中 MCD, LRS 表示美国麦克唐纳 2.7 米和

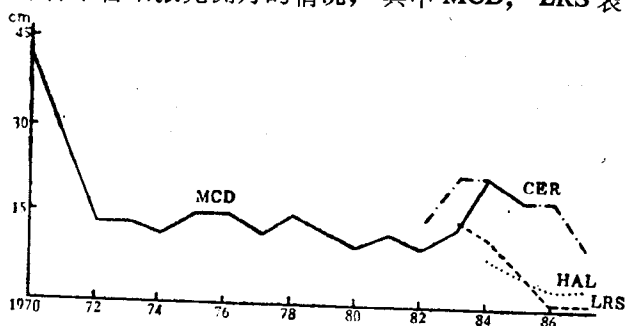


图 1 各台站激光测月标准点的精度
Fig. 1 Precisions of normal points for each stations.

* 1989 年 5 月 5 日收到。

表 1 1970-1988 年各台站激光测月的情况
Table 1 Status of Lunar Laser Rangnig for each station during 1970-1988

Unit, ns

	MCD				LRS				CER				HAL			
	TRA	FRM	HAD	LK, average	TRA	FRM	HAD	LK, average	TRA	FRM	HAD	LK, average	TRA	FRM	HAD	LK, average
	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E
1970	54	2.8			54	2.8										
1971	84	2.2	74	2.0	73	1.4										
1972	54	1.1	58	1.0	247	0.9										
1973	72	0.9	85	0.9	277	0.9										
1974	39	0.8	53	0.8	211	0.8	24	0.8	327	0.8						
1975	35	1.1	45	1.1	249	0.9	32	1.1	361	1.0						
1976	38	1.1	32	0.7	229	1.0	46	1.2	315	1.0						
1977	14	0.7	13	1.2	291	0.8	14	0.7	242	0.8						
1978	14	0.9	21	0.9	166	1.0	21	1.0	222	1.0						
1979	22	0.8	38	0.7	199	0.8	15	0.8	274	0.8						
1980	31	0.7	57	0.7	200	0.7	4	0.7	292	0.7						
1981	19	0.6	31	0.7	143	0.8	5	0.7	193	0.8						
1982		1	0.7	11	0.7											
1983			28	0.9												
1984			74	1.5												
1985			50	1.2												
1986																
1987																
1988																
average	476	1.4	508	1.1	2358	0.9	132	0.9								
* 为 LRS 移至新址后的观测																
	26	0.2	52	0.1	606	0.5	2	0.2								
	114	0.9	140	0.9	1505	1.2	134	1.0								
	24	0.3	31	0.2	523	0.3	19	0.3								

average 476 1.4 508 1.1 2358 0.9 132 0.9

* 为 LRS 移至新址后的观测

76 厘米的激光测月系统, TLR 表示 LRS 仪器在新址的观测代号, CER 和 HAL 分别表示法国地球动力学中心和美国夏威夷 Haleakala 的观测代号, N, E 表示标准点的个数和精度。从图 1 可见, 激光测月精度(单程)已从 18 厘米提高至 5 厘米, 因此用其测定地球自转参数和其他物理参数将能达到更高的精度。

三、用激光测月资料推算的 UT 1-UTC 序列 SHA(M_1)

1985 年上海天文台激光测月资料归算小组完成了激光测月软件^[1], 最近又加入了月潮和海潮的改正模式, 大气折射改正换用 J. W. Marini 公式。在归算中采用的台站坐标和反射器坐标列于表 2。归算中采用的行星历表为 DE 200/LE 200, 月球物理天平动历表是 LLB 200, 它是把 LLB 12 的参考平面——地球的平赤道面, 和参考点——春分点调整至 J 2000。

表 2 测站的地心坐标和反射器的月面坐标
Table 2 Geocentric coordinates of LLR stations and selenocentric coordinates of retro-reflectors

台站	地心距(公里)	经度(度)	纬度(度)	反射器	月心距(公里)	月面经度(度)	月面纬度(度)
MCD	6374.6650480	255.978001600	30.503238950	TRA	1735.477073	23.45093088	0.69352820
LRS	6374.5682240	255.984120534	30.508433660	FRM	1736.339050	-17.50041767	-3.62321101
TLR	6374.6097340	255.984802299	30.511708974	HAD	1735.481089	3.60702873	26.1550389
CER	6369.2773235	6.921565001	43.562455740	LK ₂	1734.642539	30.90537743	25.85105146
HAL	6378.5509765	203.744094224	20.580401417				

表 3 SHA(M_1)序列的内符和外符
Table 3 Internal and external consistency of SHA(M_1)

单位: 0°00001

年份	组数	内符	外符	年份	组数	内符	外符	年份	组数	内符	外符
1971	8	26	104	1977	30	43	109	1983	34	122	256
72	51	40	221	78	22	44	160	84	62	57	146
73	56	43	147	79	27	38	106	85	139	66	122
74	28	45	140	80	35	25	129	86	37	37	73
75	41	41	140	81	16	41	165	87	35	25	63
76	39	40	93	82	6	168	165	88	66	19	60

尽管在归算中采用了较正确的台站坐标, 但是事前残差中还包含了历表误差, 反射器坐标误差和月球自由天平动的影响。为了尽量减小这些误差在测定地球自转参数中的影响, 本文在处理 1971 年 7 月到 1988 年 12 月的激光测月资料中(由于 Burroughs 6935 型计算机的最大容量为

524287 个数组, 所以平差只能从 1971 年 7 月开始), 对上述的 50 多个参数进行平差, 用事后残差计算了 UT 1-UTC 的序列 $SHA(M_1)$, 并与 IERS 确定的 UT 1-UTC 值作比较, 其历年的内符和外符列于表 3。

四、各激光测月分析中心推算 UT 1-UTC 的比较

早期进行激光测月分析的有 JPL 的 J. O. Dickey, 麻省理工学院的 R. B. Langley^[2]和法国地球动力学中心的 O. Clame 等人, 他们从激光测月资料得到 70 年代的 UT 1-UTC 序列。近年来, 各分析中心对激光测月的归算方法和物理模式都进行了改进, 作者列出了 1988 年各分析中心所计算得到的 UT 1-UTC 值, 并给出了 1986—1988 年与 IERS 的比较结果。

表 4 各分析中心推算 1988 年的 UT 1-UTC 值

Table 4 Values of UT 1-UTC obtained by each analysis center in 1988

JPL			CERGA			SHA		
MJD	UT 1-UTC	L-B	MJD	UT 1-UTC	L-B	MJD	UT 1-UTC	L-B
	°00001	°00001		°00001	°00001		°00001	°00001
47187.143	32779	200	47169.611	35298	33	47187.131	32591	10
47242.774	23250	135	47187.129	32619	48	47215.762	27804	-56
47242.782	23225	112	47242.786	23035	-78	47230.217	25304	32
47243.686	23126	114	47242.786	23061	-52	47242.785	23085	-27
47243.713	23142	133	47243.708	23039	30	47243.704	23028	19
47243.745	23147	142	47243.733	23041	35	47243.731	23029	23
47244.835	23013	129	47243.737	23043	37	47244.853	22855	-25
47244.834	23020	136	47244.844	22844	-39	47244.866	22855	-24
47244.845	23036	154				47246.849	22621	-23
47244.886	23060	183	47244.856	22809	-72	47246.864	22646	1
47246.834	22772	125	47244.869	22793	-87	47246.869	22633	-9
47246.840	22760	114	47245.150	22667	-181	47247.840	22506	-5
47246.864	22767	123	47246.849	22608	-37	47247.850	22485	-25
47347.845	22604	93	47246.869	22611	-33	47247.860	22498	-10
47247.845	22622	111	47236.869	22600	-44	47259.623	20287	14
47247.848	22617	107	47247.839	22485	-27	47265.388	19060	15
47248.214	22522	65	47247.844	22466	-45	47273.809	17515	-23
47259.632	20323	52	47247.851	22475	-35	47273.842	17533	-1
47265.389	19133	89	47248.209	22426	-32	47289.626	15097	12
47273.824	17668	131	47248.881	22308	-46	47305.147	12473	-89
47273.835	17674	138	47259.624	20340	68	47317.648	10876	-21
47275.140	17437	69	47265.389	19001	-43	47318.584	10719	-16
47277.177	17148	97	47273.808	17475	-65	47335.098	9144	-78
47289.630	15156	72	47273.841	17441	-94	47347.199	8728	67
47305.136	12638	74	47277.187	17043	-6	47347.567	8666	44
47317.642	10928	30	47275.164	17308	-56	47348.176	8614	52
47318.588	10777	42	47277.187	17051	2	47348.617	8529	8