

中国科学院
上海天文台年刊

Annals of Shanghai Observatory
Academia Sinica

7

1985

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 7 期

No 7

1 9 8 5

中国科学院上海天文台编辑委员会编辑
上海科学技术出版社出版

中国科学院上海天文台年刊

1985 年, 总第 7 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 13.25 字数 326,000

1986 年 8 月第 1 版 1986 年 8 月第 1 次印刷

印数 1-900

统一书号: 13119.1382 定价: 3.00 元

上海天文台年刊

第 7 期

目 录

MEDOC 2 网站坐标的精度分析.....	朱文耀	Piuzzi, A.	(1)					
地球自转与 El Nino 现象的相关分析.....	朱圣源		(8)					
Vondrak 滤波器的端部效应.....	董大南	郑大伟	(13)					
中心重迭法中 Murray 型正态方程的迭代解法.....	王家骥		(26)					
关于参考坐标系的零点改正.....	严豪健	李之方	潘容士	胡 辉	(34)			
利用球函数法计算海潮对地面点位移的影响.....	杨志根	董大南			(41)			
不同行星历表对激光测月的影响.....	金文敬	钱昌夏	陈 型		(51)			
丹容等高仪的金星观测结果.....	严豪健	李之方	杨志根	徐勉勤	陈幼芬	(57)		
新老天文常数系统对 UT0 和星组的组间改正以及赤经个别位置改正的影响	林一梅					(62)		
Kerr-Newman-de Sitter 黑洞的非热辐射.....	沈有根					(66)		
秒脉冲时差自动测量系统的精度分析.....	胡锦伦	黄佩诚				(69)		
我国综合原子时的速率控制问题.....	庄奇祥					(76)		
铯束频率标准中微波腔的温度频率效应.....	彭纪兴					(83)		
中国古代对太阳位置的测定和推算.....	江晓原					(91)		
	*	*	*	*	*			
检验 ϕ 1.56 米天文镜面的补偿器设计和结果.....	马仁勇	江建忠	王兰娟			(97)		
	*	*	*	*	*			
光电中星仪观测精度的提高.....	赵 刚					(102)		
LAGEOS 卫星的精密指向预报.....	冯初刚	朱元兰	何妙福			(107)		
Be 星 ψ Per 和 vGem 的分光观测.....	王如友	陆文贤				(112)		
利用“天狼星”通讯卫星进行中意时间比对实验.....	庄奇祥	刘雅琴	吴贤定			(119)		
双混频时差自动测量系统及其应用.....	胡锦伦	杨佩红				(128)		
1.5 米口径短厘米波射电望远镜的研制	顾健星	吴文达	华德铭	高一华	王丽华	(137)		
第二代人卫激光测距仪折轴发射系统的设计和调试	杨福民	董云冰	陈婉珍	朱幼敏	谭德同	蔡世福	陆文虎	(143)

激光人卫测距中距离门的设置.....	李振宇(148)
FORTH 的文件管理系统	张云飞 张福俊(152)
柯达 103 a-O 底片的低照度互易率失效.....	姚保安 经嘉云 徐宗海 张春生(158)
上海天文台 II 型光电等高仪星表(1980.0—1984.0).....	陆佩珍 周玉娣(163)
上海天文台第四期丹容等高仪星表(1980.0—1984.0).....	徐勉勤(172)
射电星的定位及其自行.....	陆佩珍 须同祺(180)
1981.10—1984.12 期间佘山的目视双星测量	储宗元 阎林山 马宗良(183)
哈雷彗星(1910 II)原片的证认.....	阎林山 马宗良(198)

ANNALS OF SHANGHAI OBSERVATORY

No. 7

CONTENTS

Error Analysis of the Station Coordinates of the MEDOC 2 Network	
.....Zhu Wenyaoy et al.	(1)
Correlation Analysis between El Nino and Earth Rotation Variation	
.....Zhu Shengyuan	(8)
The Ends Effect of Vondrak Filter.....Dong Danan et al.	(13)
An Iteration Procedure of Solving Murray's Normal Equation in the Central Overlap Reduction	Wang Jiaji (26)
On the Correction to the Zero Point of Reference Coordinate System	
.....Yan Haojian et al.	(34)
Computation of Displacement of Stations Caused by Ocean Tide with the Spherical Harmonic Method.....	Yang Zhigen et al. (41)
Influence of Different Ephemeris on Lunar Laser Ranging	
.....Jin Wenjing et al.	(51)
Venus Observation with Danjon Astrolabe.....	Yan Haojian et al. (57)
The Effects of the New and Old Astronomical Constants in the UT ₀ , the Group Corrections of the Stars and the Individual Corrects of Right Ascensions	Lin Yimei (62)
The Nonthermal Radiations Near the Horizon in Kerr-Newman-de Sitter Black Hole	Shen Yougen (66)
The Analyses of the Measuring Precision of 1 pps Time Difference Automatic Measurement System.....	Hu Jinlun et al. (69)
Problem of the Rate Steering of the Chinese Joint Atomic Time Scale	
.....Zhuang Qixiang	(76)
The Temperature-frequency Effects of the Ramsey Cavity in Cs Beam Frequency Standard	Peng Jixiang (83)
Determination and Calculation of Positions of the Sun in Ancient China	
.....Jiang Xiaoyuan	(91)
* * * * *	
The Design and Testing Result of Compensators for Testing an 1.56 meter Astronomical Mirror.....	Ma Renyong et al. (97)
* * * * *	
The Improvement of the Accuracy of the Time Determinations in the Photoelectric Transit.....	Zhao Gang (102)

LAGEOS Satellite's Precise Pointing Prediction	Fong Chugang et al. (107)
Spectroscopic Observations of the Be Stars, ψ Per and ν Gem	
.....	Wang Ruyou et al. (112)
Time Comparison Experiment between China and Italy via Sirio-1	
Satellite	Zhang Qixiang et al. (119)
Dual Mixer Time Difference Automatic Measurement System and its	
Application	Hu Jinlun et al. (128)
Manufacture of $\phi 1.5$ M Radio Telescope of Short cm Wavelength	
.....	Gu Jianxing et al. (137)
The Design and Alignment of the Coude Transmitting Optics of the	
Second-generation Satellite Laser Ranging System.....	Yang Fumin et al. (143)
The Design of the Range Gate in Satellite Laser Ranging Systems at Shanghai	
Observatory.....	Li Zhengyu (148)
File-management Subsystem in Forth System.....	Zhang Yunfei et al. (152)
Low-Intensity Reciprocity failure of Hypersensitized and Unhypersensitized	
Kodak 103 a-0.....	Yao Baoan et al. (158)
The Photoelectric Astrolabe Catalogue of Shanghai Observatory (1980.0-	
1984.0).....	Lu Peizhen et al. (163)
The Fourth Danjon Astrolabe Catalogue of Shanghai Observatory (1980.0-	
1984.0)	Xu Mianqin (172)
Determinations in the Positions of Radio Stars and Their Proper Motions	
.....	Lu Peizhen et al. (180)
Micrometer Observations of Visual Double Stars at Zô-Sè during 1981.10-	
1984.12.....	Chu Zongyuan et al. (183)
Identification of old plates of Halley's Comet.....	Yan Linshan et al. (198)

MEDOC 2 网站坐标的精度分析*

朱文耀

Piuzzi A.

(中国科学院上海天文台)

(GRGS/CNES France)

提 要

本文叙述了 MEDOC 2 网的建立, 求出了 MEDOC 2 网和 DMA 网坐标系间的转换关系, 并用 MEDOC 2 精密星历对该网的各测站重新定位。由此对 MEDOC 2 网的测站坐标进行的精度分析, 指出了 MEDOC 2 网的站坐标存在约 3—4 米的误差。本文还讨论了 MEDOC 2 网坐标系的不稳定性。

一、MEDOC 2 网坐标系的建立

自 1984 年起, MEDOC 网在处理 MERIT 主联测的卫星多普勒资料时, 对地球引力场等力学模型作了一定的调整, 并以近一个月的观测资料采用二天周期的半动力法重新计算了各台站的地心坐标。在二天周期的半动力法解算中待平差量为:

- 卫星的六个轨道根数 $a, e, i, \omega, \Omega, M$;
- 大气阻力因子 K_D ;
- 太阳辐射压因子 K_P ;
- 对每个测站每次卫星通过的频率偏差;
- 各测站在地固坐标系内的三维直角坐标, 其中比利时的 Uccle 站的站坐标保持固定。

表 1 列出各测站坐标测定的结果及其标准偏差。

表 1 MEDOC 2 网的站坐标及其解的标准偏差

站号	站名	X	Y	Z	σ_x	σ_y	σ_z
15	Samoa	-6100058.38	-997197.85	-1568316.49	.392	.703	.417
16	Anchorage	-2656166.14	-1544377.87	5570649.62	.315	.392	.286
17	Smithfield	-3942250.08	3468865.86	-3608183.28	.510	.560	.401
18	Hernden	1090142.53	-4842523.79	3991978.04	.161	.484	.500
21	Mizusawa	-3857198.01	3108662.02	4004045.66	.413	.463	.337
22	Uccle	4027872.0	307030.2	4919516.2			
23	Kerguelen	1406284.59	3918138.59	4816209.03	.604	.426	.405
25	Shanghai	-2830952.53	4676458.10	3275117.20	.788	.722	.643
26	Puple Mountain	-2608785.72	4739829.67	3366870.10	1.046	.803	.734
28	New Mexico	-1556206.93	-5169449.89	3387241.22	.604	.422	.424

* 本文是作者在法国 GRGS/CNES 工作期间完成的。

在解算中所采用的地球引力场模型为 GRIM 3 D-2^[1], 其主要参数如下:

$$GM = 398600.5 \text{ KM}^3/\text{s}^2$$

$$a_e = 6378.140 \text{ KM}$$

$$f = 1/298.257$$

$$c = 299792.458 \text{ KM/S}$$

二、MEDOC 2 坐标系和 DMA 坐标系间的转换关系

为了建立 MEDOC 2 坐标系与 DMA 坐标系之间的转换关系, 我们经过多种途径收集和计算了 Samoa 等七个测站在 NSWG 9Z-2 坐标系(即 DMA 网所采用的坐标系)内的坐标^[2]。有些测站给出了它们在 WGS-72 坐标系内的球坐标, 我们根据下列的公式将其转换成 NSWG 9Z-2 系统内的球坐标^[3]:

$$\begin{aligned}\phi_{9Z-2} &= \phi_{WGS-72} + 0''.0232 \sin 2\phi \\ \lambda_{9Z-2} &= \lambda_{WGS-72} - 0''.26 \\ H_{9Z-2} &= H_{WGS-72} - 4.73 + 0.717 \sin^2\phi\end{aligned}\quad (1)$$

表 2 列出了该七个测站在 DMA 坐标系内的直角坐标。

表 2 Samoa 等测站在 DMA 坐标系内的直角坐标

站 名	X	Y	Z
Samoa	-6100059.01	-997168.66	-1568317.82
Anchorage	-2656171.89	-1544365.38	5570952.14
Hernden	1090121.90	-4842531.61	3991976.09
Mizusawa	-3857186.82	3108678.65	4004047.41
Uccle	4027871.60	307012.20	4919512.20
Shanghai	-2830932.01	4676471.10	3275114.20
New Mexico	-1556231.38	-5169447.35	3387236.64

采用如下的七参数的坐标转换公式:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{DMA} = \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} + (1+K) \begin{pmatrix} 1 & -Q_z & Q_r \\ Q_z & 1 & -Q_x \\ -Q_r & Q_x & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{MEDOC} \quad (2)$$

通过最小二乘平差所求得的七个转换参数及其标准偏差由表 3 给出。

表 3 DMA 和 MEDOC 2 坐标系间的转换参数

$\Delta X(\text{m})$	$\Delta Y(\text{m})$	$\Delta Z(\text{m})$	$K(\text{ppm})$	Q_x	Q_r	Q_z
$.17 \pm .35$	$-.60 \pm .35$	$-1.29 \pm .35$	$.0288 \pm .055$	$.176'' \pm .0142$	$.0029'' \pm .0136$	$-.905'' \pm .0143$

从表 3 可看出 MEDOC 2 坐标系的经度相对于 DMA 向东旋转了 $0''.9$, MEDOC 2 的坐标原点相对于 DMA 向 Z 轴正向移动了 1.29 米。其他几个转换参数本身数值较小, 与其标准偏差属同一量级, 无多大意义。总的说来 MEDOC 2 坐标系已比较接近 BIH 坐标系。

值得注意的是 DMA 坐标系中所存在的 -0.4 ppm 的尺度偏差在 MEDOC 2 坐标系中并未得

到改善。根据 Anderle R. J. 的研究^[4], 由于下面三个原因: ① DMA 坐标系所用的 GM 值是 $398601.0 \text{ KM}^3/\text{S}^2$ 而不是 $398600.5 \text{ KM}^3/\text{S}^2$, ② 子午卫星的天线相位中心与质量中心不相重合, ③ DMA 系统所采用的光速值 C 为 299792.5 KM/S 而不是 299792.458 KM/S , 至使 DMA 坐标系测站的高程分别提高了 1.7 m , 0.7 m , 0.26 m 。由此导致 DMA 坐标系存在一个 -0.4 ppm 的尺度偏差。而在 MEDOC 2 坐标系中采用了 $\text{GM} = 398600.5 \text{ KM}^3/\text{S}^2$, $\text{C} = 299792.485 \text{ KM/S}$, 按理讲 MEDOC 2 坐标系的尺度偏差应得到改善。但从表 3 的结果看, MEDOC 2 存在与 DMA 几乎同样大的尺度偏差。产生这一矛盾的原因是在建立 MEDOC 2 网的半动力法解标中固定了 Uccle 站的坐标, 从对 Uccle 站坐标的分析中可看出该站所采用的高程值显然是偏大的(这个结论也可从下节的计算结果得到证实), 由此使整个 MEDOC 2 网产生一个尺度偏差。

由表 3 的七个转换参数计算的各测站坐标的偏差由表 4 列出。这些偏差反映了 MEDOC 2 网站坐标的误差。从表 4 可看出 MEDOC 2 网的测站坐标存在约 3 米的误差。

表 4 由表 3 的七参数求得的 MEDOC 2 站坐标的偏差

	Samoa	Anchorage	Hernden	Mizusawa	Uccle	Shanghai	New Mexico
dX(m)	-3.80	- .80	- .39	2.56	2.10	.15	1.99
dY(m)	-2.82	-1.96	1.94	- .52	- .68	-1.32	3.29
dZ(m)	- .34	-3.72	.30	-2.55	2.82	2.24	2.99

三、MEDOC 2 精密星历和利用 MEDOC 2 精

密星历对测站进行单点定位的结果

MEDOC 2 精密星历与 MEDOC 两天的极移解同时获得。在两天的卫星轨道弧段内待平差量为:

- 卫星的六个轨道根数 $a, e, i, \omega, \Omega, M$;
- 大气阻力因子 K_D ;
- 太阳辐射压因子 K_P ;
- 对每一测站每次卫星通过的频率偏差;
- 两个极位置分量 x_P, y_P 。

在解算中测站的坐标保持固定。空间坐标系采用的是 J 2000.0 的轨道坐标系。在该准惯性坐标系内卫星的运动方程是:

$$\ddot{\vec{r}} = \vec{F}(\vec{r}, \dot{\vec{r}}, t) \quad (3)$$

$\vec{F}$ 包括:

- 地球引力场引起的加速度,
- 月球, 太阳的引力引起的加速度,
- 大气阻力引起的加速度,
- 太阳的辐射压引起的加速度,
- 地球的反照辐射压引起的加速度,
- 地球的固体潮引起的加速度,

——海潮引起的加速度,

——惯性加速度。

在建立观测方程时, 偏导数 $\partial \vec{r} / \partial P_k$, $\partial \vec{r} / \partial P_k$ (P_k 为卫星的六个轨道根数, 大气阻力因子, 太阳光压因子等) 是由下列变分方程求得:

$$\ddot{\vec{\xi}}_k = \left[\frac{\partial \ddot{\vec{r}}}{\partial \vec{r}} \right] \vec{\xi}_k + \left[\frac{\partial \ddot{\vec{r}}}{\partial \dot{\vec{r}}} \right] \dot{\vec{\xi}}_k + \frac{\partial \ddot{\vec{r}}}{\partial P_k} \quad (4)$$

其中 $\vec{\xi} = \partial \vec{r} / \partial P_k$ 。

关于 MEDOC 2 精密星历的精度, 根据 48 小时拟合的精度星历端点的不连续(预极值与平差值的偏差)和最小二乘平差残差的均方差的统计估计, MEDOC 2 精密星历的径向误差为 1—2 米, 法向误差为 3—5 米, 沿轨误差为 5—10 米。

利用 MEDOC 2 的精密星历对 MEDOC 2 网的各测站重新进行定位计算。近 100 次通过的单点定位的结果由表 5 列出。用 MEDOC 2 的精密星历, 100 次通过单点定位标准偏差约 1 米左右。

表 5 利用 MEDOC 2 精密星历单点定位的结果

	X	Y	Z	DX	DY	DZ
15 Samoa	-6100054.21	-997199.05	1568316.27	4.17	1.20	-.22
16 Anchorage	-2656165.38	-1544378.16	5570648.64	.77	-.29	-.98
17 Smithfield	-3942248.01	3468863.01	-3608192.77	2.07	-2.85	.55
18 Hernden	1090145.17	4842520.36	3991977.52	2.64	3.42	-.53
21 Mizusawa	-3857199.89	3108662.86	4004043.01	1.88	.84	-2.65
22 Uccle	4027869.87	307030.06	4919512.29	-2.13	-.14	-3.93
23 Kerguelen	14026285.61	3918140.01	4816210.98	1.02	1.42	1.95
26 Purple Mountain	-2608782.40	4739828.50	3366870.77	3.32	-1.17	.67
28 New Mexico	-1556207.99	-5169450.83	3387240.50	-1.06	-.94	-.92

表 5 中的 DX, DY, DZ 为单点定位与半动力法定位结果之差。值得注意的是表 1 的半动力法定位的解和表 5 的单点定位的解是应用了不同时期、不同卫星的观测资料求得。表 1 的半动力法定位是应用 1984 年 4~5 月的卫星 30190 的观测资料; 表 5 的单点定位是应用 1984 年 9 月的卫星 30140 的观测资料。故表 1 和表 5 的偏差 DX, DY, DZ 在一定程度上反映了 MEDOC 2 网测站坐标的实际精度。从表 4 和表 5 的结果我们可看出目前 MEDOC 2 网站坐标存在 3~4 米的误差, 还有待进一步改进完善。

产生上述较大的站坐标误差的原因如下:

1. 参加 MEDOC 2 网的测站较少, 仅 10 个左右。特别是南半球的观测站较少, 致使观测资料对卫星轨道的覆盖不理想。

2. 缺少一个由卫星多普勒资料定出的较适合于子午卫星的地球引力场模型。

3. 缺少某些测站的多普勒接收机的时间延迟改正值和某些台站观测资料的气象数据。而在平差中又没有把各测站接收机的时间延迟和折射改正因子作为平差量。

从表 5 的结果看 Uccle 站的 DX, DY, DZ 有一个同向的偏差, 这表明原半动力法所固定的 Uccle 站的高程确是偏大了。

四、MEDOC 2 坐标系的不稳定性

MEDOC 2 坐标系的坐标原点, 经度零点等是由参加 MEDOC 2 网的测站坐标的坐标原点平均值、经度零点平均值来定义的。由于 MEDOC 2 网的站坐标存在一定的误差, 参加的测站数有限。而不同时期提供资料的测站不尽相同, 各个测站卫星通过数也不一样。这就导致在不同时期由不同的台站、不同的资料分布所组成的 MEDOC 2 坐标系是不同的。故严格地说, MEDOC 2 坐标系是不稳定的。作者认为这种不稳定性同样存在于其他空间测地工作中, 站坐标的误差越大, 参加的台站越少, 这种坐标系的不稳定程度就越大。对 MEDOC 网而言, 这种坐标系的不稳定性已大到足以影响测定极位置的结果。MEDOC 的极位置与 DMA, BIH 的极位置相比较, 在不同时期出现相对而言不同的系统偏差, 其原因之一就是由于不同时期 MEDOC 网由不同的台站组成所引起的。解决坐标系的不稳定的途径, 一是不断提高台站的坐标精度; 二是增加全球分布的台站个数; 三是尽量保证参加台站的相对稳定。

参 考 文 献

- [1] Reigber Ch., Balmino, G., Moynot, B., Mueller, H., Manuscripta Geodetica Vol. 8, pp 93-138, (1983).
- [2] 朱文耀, 丁元君, PiuZZi, A., 科学通报。
- [3] Meade, B. K., Proceedings of Third International Geodetic Symposium on Satellite Doppler Positioning, pp 151-168, (1982).
- [4] Caroline, F. Leroy, Proceedings of Third International Geodetic Symposium on Satellite Doppler Positioning, pp 129-150, (1982).

ERROR ANALYSIS OF THE STATION COORDINATES OF THE MEDOC 2 NETWORK

Zhu Wenyao

A. PiuZZi

(Shanghai Observatory, Academia Sinica)

(GRGS/CNES, France)

Abstract

In this paper, We have reviewed the establishment of the MEDOC 2 Coordinate network, derived the transformation parameters between MEDOC 2 and DMA Coordinate system, and using MEDOC 2 precise ephemeris recomputed the coordinates of MEDOC 2 stations by means of point positioning method. Then, according to these results, we have analysed the accuracy of the station coordinates of MEDOC 2 network and pointed out that there is an error of about 3-4 meters to MEDOC 2 station coordinates. At the end of this paper, The unstability problem of the MEDOC 2 coordinate system is discussed.

Since 1984 the MEDOC has made some modification for the earth gravity model and some other mechanical models and recomputed the station coordinates when processing the Doppler tracking data during MERIT main campaign Semi-dynamical method is used at 2-day interval for about one month data, to determine the station coordinates in which some station coordinates are held fixed. The standard derivation of the solutions is

about one meter.

In order to derive the transformation parameters between DMA and MEDOC 2 coordinate system, through various ways, we have collected and computed the coordinates of seven stations belonging to MEDOC 2 network in the NSWG 92-2 system

Table 1. shows the rectangular coordinates of these seven stations in the DMA and MEDOC 2 system respectively.

Table 1 the rectangular coordinates of samoa and other 6 stations in the DMA and MEDOC 2 system

	DMA			MEDOC 2		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Somoa	-6100059.01	-997168.66	-1568317.82	-6100058.38	-997197.85	-1568316.49
Anchorage	-2656171.89	-1544365.38	5570652.14	-2656166.14	-1544377.87	5570649.62
Hernden	1090121.90	-4842531.61	3991976.09	1090121.90	-4842523.80	3991978.04
Mizusawa	-3857186.82	3108678.65	4004047.41	-3857198.01	3108662.02	4004045.66
Uccle	4027871.60	307012.20	4919512.20	4027872.00	307030.24	4919516.22
Shanghai	-2830932.01	4676471.10	3275114.20	-2830952.53	4676458.10	3275117.20
New Mexico	-1556231.38	-5169447.35	3387236.64	-1556206.93	-5196449.89	3387241.22

The obtained solutions of seven and three transformation parameters between DMA and MEDOC 2 system by transformation formula (1) are shown in Table 2.

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{DMA} = \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} + (1+K) \begin{pmatrix} 1 & -Q_z & Q_y \\ Q_z & 1 & -Q_x \\ -Q_y & Q_x & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{MEDOC2} \quad (1)$$

Table 2. Transformation parameters between DMA and MEDOC 2 system

$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$	K(ppm)	$Q_x(rad.sec.)$	$Q_y(rad. sec)$	$Q_z(rad. sec)$
0.17 ± 0.35	-0.60 ± 0.35	-1.29 ± 0.35	0.0288 ± 0.055	$0.0176'' \pm 0.0142$	$0.0029'' \pm 0.0136$	$-0.905'' \pm 0.0143$
		-1.37 ± 0.35	0.039 ± 0.055			$-0.890'' \pm 0.0143$

From Table 2., it can be seen that the longitude of MEDOC 2 system is increased about $0^{\circ}9$ (east) and the coordinate center of MEDOC 2 system is lifted about 1.3 m along z-axis in comparison with the DMA system. Other four parameters are smaller, their magnitudes are as much as their standard deviations, thus they are senseless. General speaking, the MEDOC 2 system is closed to BIH system.

Table 3. shows the biases of the computed station coordinates by seven transformation parameters in Table 2.

Table 3. Biases of derived station coordinates by seven transformation parameters in Table 2.

	Samoa	Anchorage	Hernden	Mizusawa	Uccle	Shanghai	New Mexico
dX(m)	-3.80	-0.80	-0.39	2.56	2.10	0.15	1.99
dY(m)	-2.82	-1.96	1.94	-0.52	-0.68	-1.32	3.29
dZ(m)	-0.34	-3.72	0.30	-2.55	2.86	2.24	2.99

From Table 3. we can see that the station coordinates errors of about 3 m exist in the MEDOC 2 system. This is also verified by the results of the point positioning with MEDOC 2 precise ephemeris as shown below

In order to further analyse the accuracy of MEDOC 2 station coordinates, we have recomputed the station coordinates of MEDOC 2 network by means of the point positioning method using the MEDOC precise ephemeris of the satellite 30140 during September 1984. Table 4 shows the differences of the solutions between the point positioning and semidynamical method

Table 4. the differences of the solutions between the point positioning and semi-dynamical positioning

	DX	DY	DZ
Samoa	4.17	1.20	-0.22
Anchorage	0.77	-0.29	-0.98
Smithfield	2.07	-2.85	0.55
Hernden	2.64	3.43	-0.53
Mizusawa	1.88	0.84	-2.65
Ucele	-2.13	-0.14	-3.93
Kerguelen	1.02	1.42	1.95
Purple Mountain	3.32	-1.17	0.97
New Mexico	-1.06	-0.94	-0.92

From Table 4., we can also see that an error of about 3-4 meters existed in the MEDOC 2 station coordinates.

On the other hand, the stability of coordinate system is worth notice. It should say that the coordinate center and longitude origin of MEDOC system are defined by the averages of the coordinate centers and longitude origins of all MEDOC stations. Because the MEDOC station coordinates are not perfect, the number of participant stations is limited, while the stations which provide the data to MEDOC network are variant during different periods and the numbers of satellite passes over each station at 2-day interval aren't the same, all these results in the dependence of the MEDOC coordinate system on the station combination and data distribution. So in the strict sense, the MEDOC coordinate system is unstable. This instability of MEDOC coordinate system is big enough to affect the results of determination of pole motion. The ways of resolving this instability of the coordinate system are following

1. to perfect the MEDOC stations coordinates continually;
2. to increase the number of participating stations and to get a good worldwide distribution of stations network;
3. to keep the stations network stable during the different periods.

地球自转与 El Nino 现象的相关分析

朱 圣 源

提 要

本文用统计方法分析地球自转速率变化与 El Nino 现象之间的关系。地球自转速率变化采用的是 BIH 提供的日长变化资料,而 El Nino 现象则用南方涛动指数表达。

日长变化的频谱成分中有很强的季节性分量,这部分可以相当完善地用大气角动量的变化来解释。日长变化中还有明显的长期和长周期成分,长期变化可以由潮汐耗散和冰期后效应来解释,十年左右周期的变化则可能是核、幔耦合的结果。El Nino 现象是时间尺度为几年的再发性准周期现象,在这个谱段,日长变化的振幅较小。为此,只有把日长变化的季节分量,长期、长周期分量滤掉,留下时间尺度为几年的频率成分,然后再去与 El Nino 现象进行相关分析,才能由此得到有益的信息。

用 ARMA 方法进行谱分析,结果表明在 1~10 年时间尺度范围内,日长变化与南方涛动指数均在六年、三点五年及二点五年附近出现强的谱峰。但两者的谱峰位置,尚有 0.3 年左右的差异。

定性地看,强 El Nino 现象与日长变化之间有相关性是肯定的。定量计算表明,不加平滑求出的相关系数仅有 0.4。相关系数不高的原因之一是资料的噪声。采用 12 个月滑动平滑可使噪声较明显减少,由此求得的相关系数增加为 0.6,相关程度仍不算很高。相关系数不能再提高的主要原因之一,是由于在不发生 El Nino 现象期间,南方涛动指数与日长变化相关甚差,因而尽管在发生 El Nino 现象的短时期内相关很强,在整个时期内平均而言就只有中等程度的相关性了。

为了便于讨论激发机制,用互相关方法计算了时间延迟。结果表明在 El Nino 提前一、二个月的时候,互相关达到最大,而当假定日长变化超前时,互相关系数就明显减小。计算结果不能证明自转变化激发 El Nino 现象的说法。

大气和海洋并不是截然分离的两个流体,它们合起来构成一个巨大的热机,对地球上的气候变化起着决定的影响。在若干年的时间尺度上,海洋——大气系统中高强的讯号之一就是南方涛动。它指的是东、西半球热带和亚热带地区大气质量间的交换以及海水质量间的交换。与南方涛动相关联的是著名的 El Nino 现象——东太平洋赤道附近(南美洲海岸)海温的异常增暖。

El Nino 现象的确切成因,它的触发机制和过程等方面尚有不同的见解^{[1]·[2]}。本文并不涉及机制研究,仅讨论它与地球自转速率变化之间的统计相关性。

近年来的研究表明,日长变化的短周期分量(主要指周年和半年变化)主要的贡献来自于大气与固体地球之间的角动量的交换。日长变化的长期变化主要归因于潮汐摩擦和冰期后效应。在短期和长期之间的十年变化则可能主要是核幔之间耦合的结果。包括电磁耦合以及核幔分界面处的地形耦合。日长变化中还有周期为几十天或更短的高频分量,这是引潮力势所造成,这部分变化可以预测,在我们应用的资料中已把这部分变化扣除了。正因为日长变化有这么多的不同频率成分,因此在研究它与 El Nino 现象之间的关系时,就必须把那些无关的成分先除掉,才能得到真正可靠的结果。

El Nino 是东太平洋海温异常升高的一种现象或者说事件。为了定量分析,必须加以数字化。正因为它与南方涛动之间的联系,国际上常用南方涛动指数(SOI)来表达 El Nino 现象。当然也可

以直接用海温资料,比如秘鲁——厄瓜多尔海区的温度资料;或者复活节岛和腊帕岛的气压和资料来作为 El Nino 现象的数字化^[2]。本文采用的是 SoI, 它是由达尔文港与塔希堤之间的气压差算出的。

SoI 的计算采用常规做法^{[3],[4]}, 即:

$\text{SoI}(\text{年, 月}) = \text{塔希堤与达尔文港海平面气压月均值的差}$ 。

这里的气压值是经过正态归一化处理的,即用当月气压值减去年该月气压平均值,再除以标准差。计算 SoI 时,用的是 1936.9—1984.8 的资料。因为日长变化资料从 1967 年起有较大的精度提高,因此图 1 仅给出 1967.9—1984.8 的 SoI 的结果。

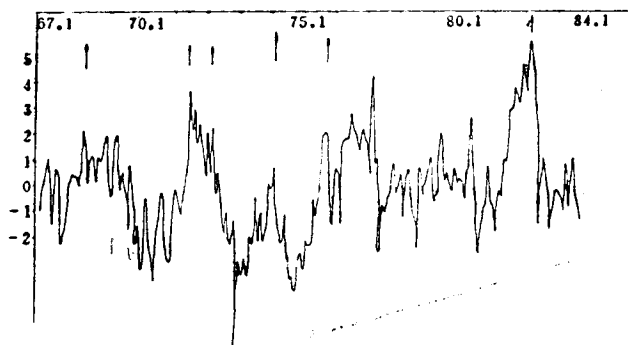


图 1 南方涛动指数 SoI

图中箭头所指是发生 El Nino 事件的时间,在这段时间内,共有大小 6 次事件,其中 1972 年下半年的两次有时也算作为一次。1983 年初的一次是近几十年来最强的一次,相应的 SoI 达到最大值。其它各次 El Nino 事件相应时间的 SoI 也达到极大值。由图 1 还可看出,SoI 的极大时刻并不都对应为一次 El Nino 事件,例如 1978 年初就是这样。此外,对较弱的 El Nino,相应的 SoI 虽呈极大但很不明显。这说明,SoI 虽然较好地反映了 El Nino 现象,但可能还有相当的噪声,两者并不完全对应。因此一定程度上会影响相关分析的结果。

对 SoI 资料用 ARMA 方法进行分析,得到表 1 第一行所列出的几个主要频率成分。

表 1 SoI 及 lod' 的频谱成分(几年的谱段)

SoI	5.6 年	3.8 年	2.6 年
lod'	6.2 年	3.8 年	2.4 年
差异	0.6 年	/	0.2 年

日长变化(lod)资料取自 BIH 年报。图 2 是与图 1 相同时期内的 lod 资料。

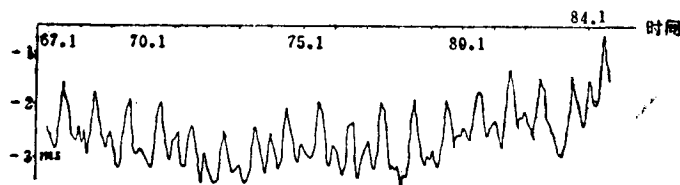


图 2 日长变化 lod

由图2可见 lod 有明显的季节变化以及长期和长周期变化。在1983特大的 El Nino 时期, lod 虽然也出现极小, 但并没有达到最小。1969~1978 期间, 有许多次 lod 都比1983年初还要小。正是 lod 中的长期变化和周年变化使与 El Nino 现象相应的极小变得不明显了。从图2看来, lod 与 Soi 之间不象有什么相关性。数值计算表明, 两者间的相关系数仅为 0.03。为此, 在下面分析中就把 lod 中的季节项及长期和长周期项成分滤去。

滤去有关分量后的日长变化为 lod' , 见图3。

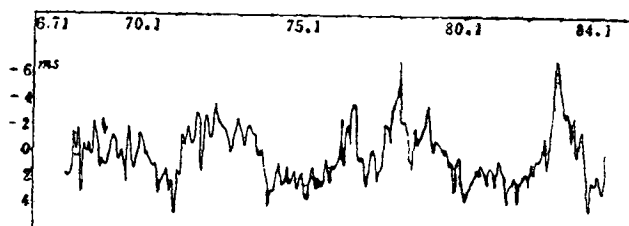


图3 滤掉季节项长期项后的日长变化 lod'

对 lod' 进行谱分析, 得到的结果见表1第二行。由表可见, Soi 与 lod' 两者在6年, 3.5年, 2.5年周期附近都有谱峰出现。但它们的谱峰位置尚有几个月的差异(见表1第三行)。

将图1相应的 Soi 与 lod' 作相关分析, 得到的相关系数为 0.44。

为了便于机制分析的讨论, 用相干法求 Soi 与 lod' 之间的时间延迟, 结果见图4下面的一条曲线, 由图知, 当 Soi 与 lod' 之间没有时延, 或 Soi 超前1—2个月时, 相关系数为最大, 或接近最大; 当 lod' 超前时, 相关系数就明显减小。结果表明 Soi 比 lod' 超前0—2月。

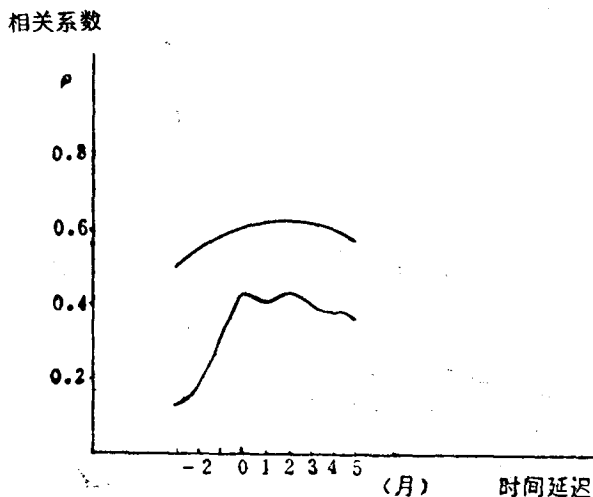


图4 用相干法求出的时间延迟结果

相关系数 0.44 是不高的。相关系数不高既可能是本质性的, 即自转变化与 El Nino 现象本质上并非强相关; 也可能是由于噪声而降低了相关性。为此设法在降低噪声的前提下再求相关系数。

先对图1和图3相应的资料作很强的 Vondrak 平滑, 以减少随机噪声, 由此求得的相关系数为 0.52。