

朱灼文 潘宪章 主编

动力大地测量学进展



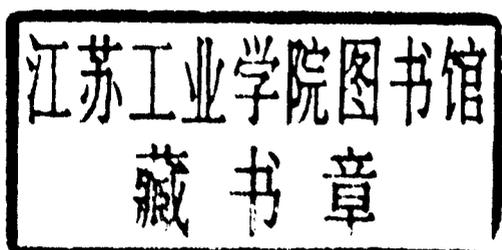
中国科学院测量与地球物理研究所
动力大地测量学
开放研究实验室

地震出版社

动力大地测量学进展

中国科学院测量与地球物理研究所
动力大地测量学开放研究实验室

主 编 朱灼文 潘显章



地 震 出 版 社

1991

(京)新登字 095 号

内 容 提 要

本专辑汇集了中国科学院测量与地球物理研究所动力大地测量学开放研究实验室的研究人员,近年来将地球重力学、地球潮汐现代理论、地球内部物理、空间测量技术应用于现代大地测量学以及实验地球物理研究等方面的十七篇科学研究论文。这些论文在一定程度上反映了我室以动力学的观点从事大地测量学研究的思想和方法以及我国动力大地测量学研究进展之动态。本辑所提供的研究成果可供从事地学研究的科学工作者参考与应用。

动力大地测量学进展

中国科学院测量与地球物理研究所

动力大地测量学开放研究实验室

主编 朱灼文 潘显章

*

地质出版社出版、发行

北京民族学院南路9号

测绘科技大学印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 9.5 印张 24.3 千字

1991年10月第一版 1991年10月第一次印刷

印数 001—300

ISBN 7-5028-0549-4/P. 365

(938) 定价 9.50 元

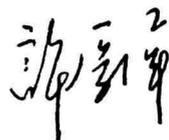
前 言

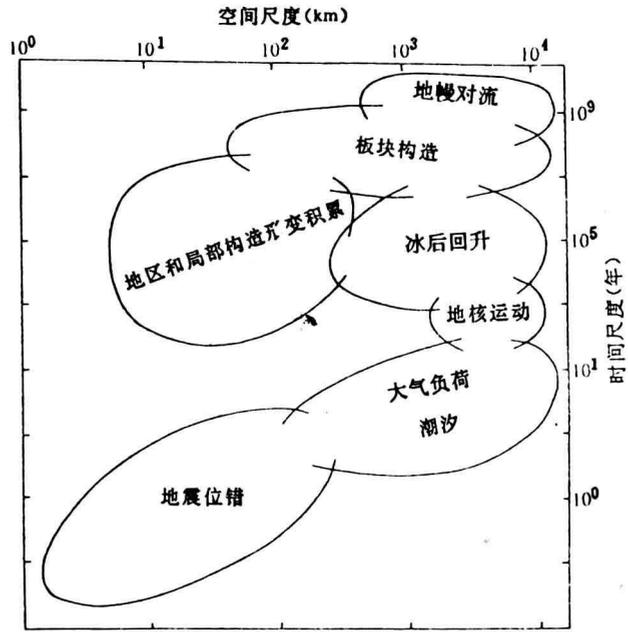
随着科学技术的迅猛发展，大地测量学的范畴大大拓宽，除去旧传统的定位之外，还包括了地壳运动、地球重力场的时空变化以及地球的潮汐和旋转形变，从而使大地测量在地球动力学研究中起着重要的作用，并形成了一门交叉的学科，即动力大地测量学。

Lambeck 在不久前出版的《Geophysical Geodesy》一书中曾用简图概括了动力大地测量学涉及的研究领域和使用的大地测量技术。大地测量观测对研究这些地球动力现象的贡献可分成两类，一类是提供量度地球对已知力的响应，一类是提供对力本身的约束。

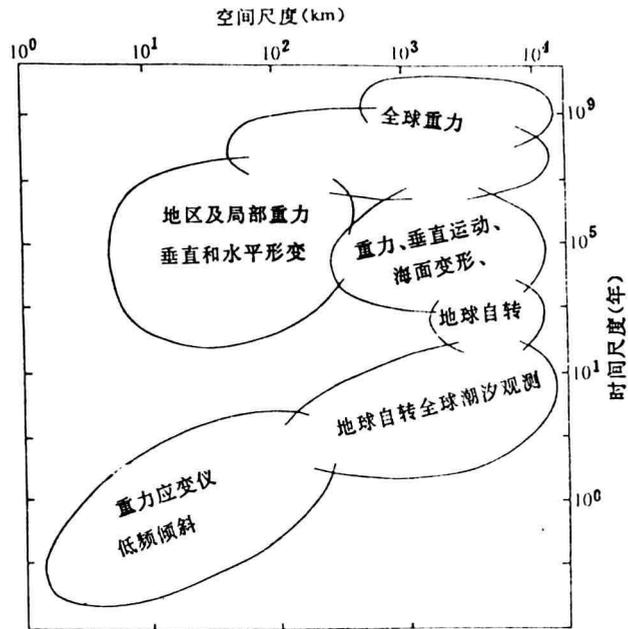
动力大地测量学在国际上已逐步形成为一门前沿交叉学科，在我国则刚刚起步，1989年11月成立的中国科学院测量与地球物理研究所动力大地测量学开放研究实验室正是为此迈出的重要一步。为了推动动力大地测量学的发展，开放研究实验室除年报外，还汇集了研究室人员在动力大地测量学研究领域中各方面的最新研究成果，以专集之形式陆续出版，希望以此增进我所及开放研究实验室与国内外大地测量学界和地球物理学界广泛的学术交流，有助于我国在这一研究领域取得飞速进展。

由于专集出版时间仓促，不当之处，望读者批评、指正。





前言附图 (a)引起地球形变的地球动力学过程



前言附图 (b)相应的形变测量测地技术

目 录

基本星表和天文常数的变动对地球方向参数的影响	须同祺 金文敬等	(1)
武汉地区电离层对 GPS 信号传递时延的影响	张金通 吴必军等	(18)
武汉人卫激光测距观测处理方法及特点	夏炯煜 叶文蔚	(22)
利用局部重力资料改善高阶地球重力场模型	许厚泽	(28)
超定大地边值问题的准解理论	朱灼文 于锦海	(32)
可见的重力场信息——地形在重力场研究中的应用	石 磐 盛宗琪	(42)
混合边值问题的球谐函数有限逼近方法	于锦海 党诵诗	(50)
四维整体大地测量及其形变分析	杨元喜 熊 介等	(59)
应用水文资料计算平均海面和海面地形	赵明才 王志林	(68)
物理大地测量学中混合边值问题解的存在唯一性	黄金水	(77)
利用位场变换法的三维多层界面反演	方 剑	(92)
由扰动位确定核幔起伏	张赤军 任 康	(99)
地球横向不均匀性对潮汐重力的影响	彭龙辉 蒋福珍	(102)
地幔运动的宏观自组织流及其局部分叉混沌行为研究(摘要).....	许凯华 付新楚等	(110)
中国东部边缘海形成史及其机因动力学分析	杨洪之 朱振华等	(112)
应变固体潮观测研究之实验地球物理新构想	潘显章	(121)
用应变仪对井壁加力和固体潮观测法求定地壳绝对应力	骆鸣津 李安印等	(126)

基本星表和天文常数的变动对地球方向参数的影响

须同祺* 金文敬* 陆佩珍* 廖德春*

摘 要

自 1984 年起在天文计算中都采用 FK₅ 基本星表和新天文常数。这些变动直接影响用经典光学仪器观测订定的地球方向参数。本文论述基本星表和天文常数变动后,对我国订定的地球方向参数的影响。由分析得到:1)星表系统差对综合时号改正数最大影响约 3ms,对地极坐标约 0.01",在精确天文计算中应计及其影响;2)章动序列的变动影响很小,可忽略。

关键词 基本星表 天文常数 地球方向参数

一、前 言

我国大地天文工作中,自 1963 年起都采用基本星表 FK₄ 作为恒星参考坐标系,在地球方向参数方面,都采用上海天文台订定的我国综合时号改正数,和天津纬度站利用国内外几十个台的纬度资料订定的地极坐标。

自 1984 年起,根据 1976 年和 1982 年国际天文学联合会决定,用新基本星表 FK₅ 代替 FK₄,并同时采用新天文常数系统进行天文归算。随着基本星表改变,对星位归体也作了一系列变动。包括了岁差常数的变动^[1],星表春分点相对动力春分点的改正^[2]等。

这些变动直接影响用经典光学仪器观测订定地球方向参数的结果。因此,也影响我国天文大地测量工作。

本文讨论了基本星表和天文常数变动后,对我国综合时号改正数,地极坐标的影响。

二、FK₅—FK₄ 系统差

在归算综合时号改正数和地极坐标工作中,大部分使用 FK₄ 星,有些虽非 FK₄ 星,但在计算中已归算到 FK₄ 系统,所以一并以 FK₄ 星表系统来讨论。

由海德堡天文计算研究所提供的 FK₄ 和 FK₅ 星表磁带结构^[3],用 Bien 等^[4]计算星表系统差的分析法,计算了历元 J2000.0 的 FK₅—FK₄ 赤经系统差 $\Delta\alpha\cos\delta = \Delta\alpha_s\cos\delta + \Delta\alpha_a\cos\delta$; 赤纬系统差 $\Delta\delta = \Delta\delta_s + \Delta\delta_a$; 赤经自行系统差 $\Delta\mu\cos\delta = (\Delta\mu_s + \Delta\mu_a)\cos\delta$; 以及赤纬自行系统差 $\Delta\mu' = \Delta\mu'_s + \Delta\mu'_a$ 。

归算中按 MERIT 规范^[5],将 B1950.0 的 FK₄ 星位和自行化到 J2000.0 系统,使其与 FK₅

* 中国科学院上海天文台

星表历元一致，在转换中加了以下修正：

1) FK₄ 星表春分点改正，在 B1950.0FK₄ 赤经上加 +0^s.035；赤经自行上加 +0^s.085/百年。

2) 岁差常数变动的的影响，在 FK₄ 的赤经自行和赤纬自行的改正分别为：

$$(\Delta\mu_\alpha \cos\delta)'' = (-1''.03 \cos\delta - 0''.44 \sin\alpha \sin\delta) / \text{百年}$$

$$(\Delta\mu_\delta)'' = -0''.44 \cos\alpha / \text{百年}$$

3) 从 J2000.0 FK₄ 平位置中扣除先行差 E 项的改正

$$\Delta\alpha_E = 0''.0227 \sin(\alpha + 11^h 25) \sec\delta$$

$$\Delta\delta_E = 0''.341 \cos(\alpha + 11^h 25) \sin\delta + 0''.029 \cos\delta$$

4) 用儒略世纪代替回归世纪作为时间单位。

在表 1 至表 4 中列出赤经从 +90° 到 -90°，历元为 J2000.0 的 FK₅-FK₄ 星位系数差 $\Delta\alpha \cos\delta$ ， $\Delta\delta$ ；及其自行系统差 $\delta\mu \cos\delta$ ， $\Delta\mu'$ 。在图 1 至图 4 分别给出 $\Delta\alpha \cos\delta$ 和 $\Delta\alpha_a \cos\delta$ ， $\Delta\delta_s$ 和 $\Delta\delta_a$ ， $\Delta\mu_s \cos\delta$ 和 $\Delta\mu_a \cos\delta$ ， $\Delta\mu'_s$ 和 $\Delta\mu'_a$ 的示意图，在 $\Delta\alpha_a \cos\delta$ ， $\Delta\delta_a$ 和 $\Delta\mu_a \cos\delta$ ， $\Delta\mu'_a$ 图中，实线部分对应赤纬 60° 之值，虚线部分对应赤纬 20° 之值。

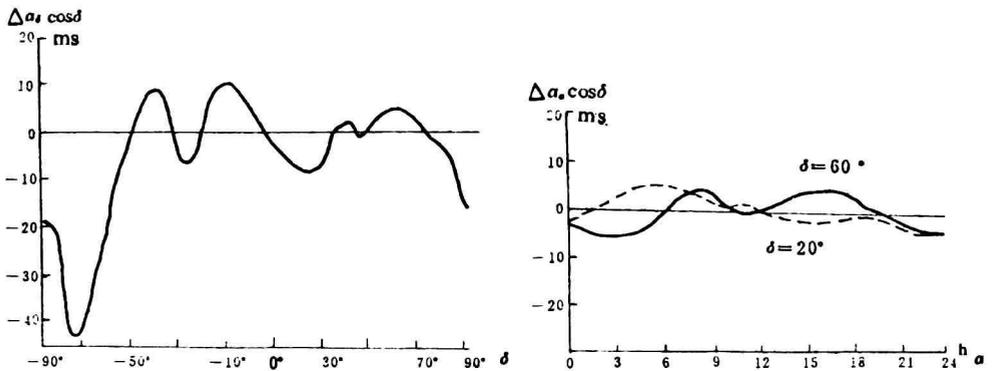


图 1 $\Delta\alpha \cos\delta$ 和 $\Delta\alpha_a \cos\delta$

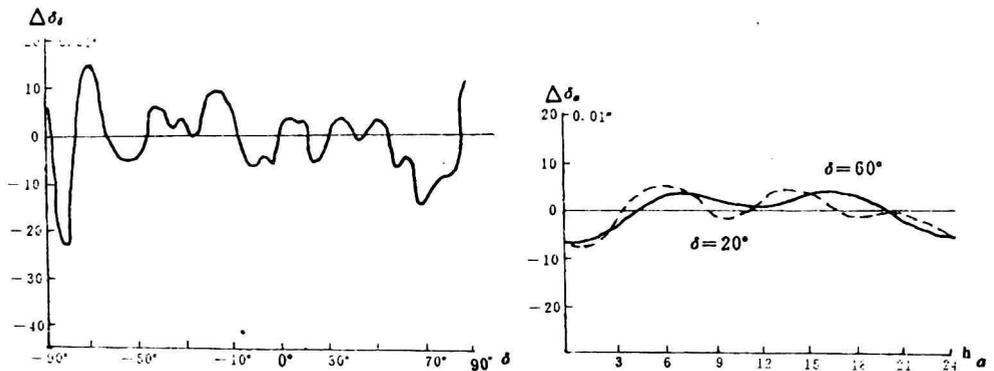


图 2 $\Delta\delta_s$ 和 $\Delta\delta_a$

表 1

 $\Delta \cos \delta (FK_5 - FK_4)$ 单位: 0.0001

δ ($^{\circ}$)	0°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
90	-11	-12	-13	-13	-13	-12	-10	-8	-8	-8	-9	-10	-10	-9	-7	-4	-3	-3	-5	-7	-9	-10	-10	-10	
85	-6	-7	-8	-9	-9	-7	-5	-4	-3	-3	-5	-6	-6	-4	-2	0	2	1	0	-2	-4	-5	-6	-6	
80	-3	-4	-5	-6	-5	-4	-2	-1	0	0	-1	-2	-2	-1	1	3	4	4	3	1	-1	-2	-3	-3	
75	-6	-7	-8	-8	-8	-7	-5	-3	-2	-3	-4	-5	-5	-4	-2	0	1	1	0	-2	-4	-5	-5	-6	
70	-2	-3	-4	-4	-4	-3	-1	1	1	1	0	-1	-2	0	2	4	5	4	3	1	-1	-2	-2	-2	
65	5	4	3	3	3	5	7	8	8	8	7	6	6	7	8	10	11	11	10	8	6	5	5	5	
60	5	5	4	4	5	6	8	9	10	9	8	7	6	7	9	11	12	11	10	8	7	6	5	5	
55	2	2	1	1	2	3	5	7	7	6	5	4	3	4	5	7	8	7	6	4	3	2	2	2	
50	-3	-3	-3	-3	-2	0	1	3	3	2	1	-1	-1	-1	1	2	3	3	1	0	-2	-3	-3	-3	
45	-4	-3	-3	-3	-2	-1	1	2	2	2	0	-1	-2	-2	0	1	1	1	0	-2	-3	-4	-4	-4	
40	0	0	0	1	2	3	5	6	6	5	4	2	2	2	3	4	4	4	3	1	0	-1	-1	-1	
35	-2	-2	-1	0	1	2	4	5	5	4	2	1	0	0	1	1	2	1	0	-1	-2	-3	-3	-3	
30	-9	-9	-8	-7	-6	-4	-3	-2	-2	-3	-4	-6	-7	-7	-7	-6	-6	-6	-7	-9	-10	-10	-10	-10	
25	-11	-11	-10	-8	-7	-6	-4	-3	-4	-5	-6	-8	-9	-9	-9	-8	-8	-9	-10	-11	-12	-12	-12	-12	
20	-10	-9	-8	-7	-5	-4	-3	-2	-2	-3	-5	-6	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-9	-10	-11	-11	-11	-11	
15	-10	-9	-8	-6	-5	-3	-2	-1	-2	-3	-4	-6	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-9	-10	-11	-11	-11	-11	
10	-8	-7	-5	-3	-2	0	1	1	1	0	-2	-3	-4	-5	-5	-5	-6	-6	-7	-7	-8	-9	-9	-9	
5	-4	-3	-1	1	2	4	5	5	5	4	2	1	0	-1	-1	-2	-2	-2	-3	-4	-4	-5	-5	-5	
0	0	1	3	5	7	8	9	9	9	8	7	5	4	3	3	2	2	2	1	1	0	-1	-1	-1	
-5	5	6	8	10	12	14	14	14	14	13	12	11	9	9	8	7	7	7	6	6	5	5	4	4	
-10	6	8	9	12	13	15	15	15	15	14	13	12	11	10	9	9	8	8	8	8	7	6	6	6	
-15	3	4	6	8	10	11	12	12	11	11	10	9	8	7	6	6	5	5	5	5	4	3	3	2	
-20	-3	-1	1	3	5	6	6	6	6	5	4	4	3	2	1	0	0	0	0	0	-1	-2	-2	-3	
-25	-9	-8	-6	-4	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-3	-4	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-6	-7	-8	-9	-10	
-30	-10	-9	-7	-5	-3	-2	-2	-2	-3	-3	-4	-4	-4	-5	-6	-6	-7	-7	-7	-6	-7	-7	-8	-9	-10
-35	-2	-1	1	3	5	6	6	5	5	5	4	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	0	-1	-2	
-40	2	3	5	7	9	10	10	9	9	9	9	9	9	8	8	7	7	7	7	8	7	6	4	3	
-45	-1	0	2	4	6	6	6	6	5	5	5	6	6	5	5	4	4	4	5	5	4	3	1	0	
-50	-6	-5	-3	-1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	-1	-3	-5	
-55	-13	-12	-11	-9	-7	-7	-7	-8	-8	-8	-7	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-7	-6	-6	-6	-8	-10	-12	
-60	-24	-24	-22	-20	-19	-18	-18	-19	-20	-19	-19	-18	-17	-17	-18	-18	-18	-17	-16	-16	-17	-19	-21	-23	
-65	-37	-36	-35	-33	-31	-31	-31	-32	-32	-32	-31	-30	-29	-29	-30	-30	-30	-29	-28	-28	-29	-31	-33	-35	
-70	-47	-47	-46	-44	-42	-42	-42	-43	-44	-43	-42	-41	-40	-40	-40	-40	-40	-39	-38	-39	-41	-44	-46	-46	
-75	-46	-46	-44	-42	-41	-41	-41	-42	-42	-42	-40	-39	-38	-38	-38	-39	-38	-38	-37	-36	-37	-39	-42	-44	
-80	-32	-32	-31	-29	-27	-27	-28	-28	-29	-28	-27	-25	-24	-24	-24	-25	-25	-24	-23	-22	-23	-25	-28	-31	
-85	-25	-25	-23	-21	-20	-20	-20	-21	-22	-21	-20	-18	-17	-17	-17	-17	-17	-16	-15	-15	-16	-18	-21	-32	
-90	-25	-25	-24	-22	-21	-20	-21	-22	-22	-21	-20	-18	-17	-17	-17	-18	-17	-16	-15	-15	-16	-18	-21	-24	

表 2

 $\Delta\delta(FK_s - FK_t)$

单位: 0.01

δ (°)	α	0°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
90		11	17	20	19	17	13	13	15	20	24	25	23	18	13	12	15	20	25	26	23	17	10	6	7
85		-10	-5	-2	-2	-5	-8	-9	-6	-7	3	4	1	-3	-8	-9	-7	-2	3	5	2	-5	-11	-15	-14
80		-12	-7	-4	-5	-7	-10	-11	-8	-4	0	1	-1	-6	-10	-11	-9	-4	1	2	-1	-7	-13	-17	-16
75		-18	-14	-11	-11	-13	-16	-16	-14	-10	-6	-5	-7	-12	-16	-17	-14	-10	-6	-5	-7	-13	-19	-22	-22
70		-21	-17	-14	-14	-16	-18	-18	-16	-12	-9	-9	-11	-14	-18	-19	-17	-20	-9	-8	-11	-16	-21	-24	-24
65		-12	-9	-6	-6	-7	-8	-8	-6	-4	-1	0	-2	-5	-8	-9	-7	-4	0	0	-2	-7	-12	-14	-14
60		-15	-12	-10	-9	-10	-10	-10	-9	-7	-5	-4	-6	-8	-10	-11	-9	-7	-4	-4	-6	-10	-14	-17	-17
55		-3	-1	-1	2	2	2	3	4	6	7	7	6	4	2	2	4	6	7	7	6	2	-1	-3	-4
50		-5	-1	0	2	3	3	4	5	6	6	6	5	4	3	3	5	6	7	7	5	3	0	-2	-3
45		-5	-4	-3	-1	1	2	3	4	4	4	3	2	2	2	2	3	4	4	4	2	1	-2	-3	-4
40		-2	-2	-1	1	3	5	6	7	6	6	5	4	5	5	6	6	6	6	6	5	3	2	0	-1
35		0	0	1	3	5	8	9	9	9	7	6	6	7	8	9	9	9	8	7	6	5	4	3	1
30		-9	-10	-9	-7	-4	-1	0	1	-1	-2	-3	-3	-3	-1	0	0	-1	-2	-3	-3	-4	-5	-6	-8
25		-13	-14	-13	-11	-8	-5	-3	-3	-5	-7	-8	-8	-7	-5	-4	-4	-5	-6	-7	-8	-8	-8	-10	-11
20		-4	-5	-4	-2	1	4	6	6	5	3	1	1	3	4	6	6	5	3	2	1	1	1	0	-2
15		-2	-3	-2	0	3	7	8	8	7	5	3	3	5	6	8	8	7	5	4	4	3	3	2	0
10		-11	-12	-12	-10	-6	-3	-1	-2	-3	-5	-6	-6	-5	-3	-2	-2	-3	-4	-5	-6	-6	-7	-8	-10
5		-10	-10	-10	-8	-4	-1	0	0	-1	-3	-4	-4	-3	-1	0	0	-1	-2	-3	-4	-4	-5	-6	-8
0		-10	-10	-10	-8	-5	-2	0	0	-1	-3	-4	-4	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-3	-4	-5	-5	-7	-8
-5		-3	-4	-3	-1	2	5	6	6	5	4	3	3	3	4	5	6	5	4	3	3	2	1	0	-2
-10		2	2	2	4	7	9	11	11	10	9	8	8	8	9	10	11	10	10	9	8	7	6	5	3
-15		2	2	3	5	8	10	11	12	11	10	9	8	9	10	11	11	11	10	9	8	8	6	5	4
-20		-2	-2	-1	1	3	6	7	8	7	6	5	4	5	6	7	7	7	6	5	4	3	2	1	-1
-25		-8	-9	-8	-6	-3	-1	1	1	0	-1	-2	-2	-2	-1	0	0	0	-1	-2	-2	-3	-4	-6	-7
-30		-3	-3	-3	-1	2	5	7	7	6	4	3	3	4	5	6	6	6	5	4	3	2	2	0	-1
-35		-5	-6	-5	-3	1	4	5	5	4	2	1	1	2	4	5	5	4	2	1	1	1	0	-1	-3
-40		3	2	2	5	8	12	14	14	12	9	8	8	10	12	13	13	10	9	8	8	8	8	8	6
-45		-6	-9	-8	-6	-1	3	5	4	2	-1	-3	-2	0	3	4	4	2	0	-2	-2	-1	-1	-1	-4
-50		-11	-13	-13	-10	-5	-1	2	1	-2	-6	-8	-7	-4	-1	1	1	-2	-5	-7	-7	-5	-4	-5	-7
-55		-11	-15	-15	-12	-6	-1	2	1	-3	-7	-9	-8	-5	-1	1	0	-3	-7	-9	-8	-6	-4	-4	-7
-60		-9	-13	-14	-10	-4	2	5	4	-1	-6	-8	-7	-3	2	4	3	-1	-5	-8	-7	-4	-1	-1	-4
-65		2	-3	-4	0	7	14	17	15	10	5	2	3	8	14	16	15	10	5	2	3	7	10	11	7
-70		6	1	0	4	11	19	22	20	15	8	5	7	13	19	22	20	15	9	6	7	11	15	16	12
-75		-3	-9	-10	-6	2	10	14	12	6	-1	-4	-2	4	10	13	11	6	-1	-4	-2	2	7	8	4
-80		-26	-32	-33	-29	-20	-12	-8	-10	17	-24	-28	-26	-19	-12	-9	-11	-17	-24	-27	-26	-20	-16	-15	-19
-85		-14	-12	-22	-18	-9	0	4	1	-6	-13	-16	-14	-7	0	3	1	-6	-12	-16	-14	-9	-4	-3	-7
-90		2	-5	-6	-2	7	16	20	18	11	3	-1	2	9	16	19	17	11	4	0	7	7	12	14	10

表 3

 $\Delta\mu\cos\delta(FK_5-FK_4)$ 单位: 0⁵001/cyr

δ (°)	α 0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
90	-21	-21	-21	-20	-17	-14	-9	-5	-2	-1	-1	-1	-1	0	2	3	2	0	-4	-9	-14	-17	-19	-20	
85	-20	-20	-20	-19	-16	-20	-8	-4	-1	0	0	0	0	1	3	4	3	1	-3	-8	-12	-16	-18	-19	
80	-17	-17	-17	-16	-14	-12	-5	-1	2	3	2	2	2	3	4	5	5	3	-1	-6	-10	-13	-15	-16	
75	-14	-14	-14	-13	-11	-7	-2	1	4	5	4	4	4	5	6	7	7	5	1	-4	-8	-11	-12	-13	
70	-10	-10	-10	-9	-7	-3	1	4	7	7	7	6	6	7	8	9	9	7	3	-1	-5	-7	-9	-10	
65	-5	-5	-5	-4	-2	2	5	9	11	11	10	9	9	10	11	12	12	10	7	3	-1	-3	-4	-5	
60	-1	-1	0	1	3	6	10	12	14	14	13	12	11	12	13	14	14	13	10	6	3	1	0	-1	
55	1	1	2	3	5	8	11	13	14	14	13	11	11	11	12	13	13	12	9	6	4	2	1	1	
50	-1	0	0	1	3	6	9	11	11	11	9	8	7	7	8	9	9	8	6	3	1	-1	-1	-1	
45	-3	-3	-2	-1	1	3	6	8	8	7	5	3	2	2	3	4	4	3	1	-1	-3	-4	-4	-4	
40	-4	-3	-2	-1	1	3	5	6	6	5	3	0	-1	-1	0	0	1	0	-1	-3	-5	-6	-6	-5	
35	-5	-4	-3	-2	0	2	3	4	4	2	0	-2	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-4	-6	-7	-7	-7	-6	
30	-10	-9	-7	-6	-4	-2	-1	0	-1	-3	-5	-8	-10	-10	-10	-9	-9	-9	-10	-11	-12	-12	-12	-11	
25	-16	-14	-13	-11	-10	-8	-7	-7	-8	-10	-12	-15	-17	-18	-17	-17	-17	-17	-17	-18	-19	-19	-18	-17	
20	-18	-17	-15	-13	-12	-10	-9	-9	-11	-13	-15	-18	-20	-21	-21	-21	-20	-20	-21	-21	-22	-22	-21	-20	
15	-15	-13	-11	-9	-7	-6	-5	-5	-7	-9	-12	-14	-16	-18	-18	-18	-17	-17	-17	-18	-18	-18	-17	-16	
10	-7	-6	-3	-1	0	2	3	2	1	-2	-4	-7	-9	-10	-11	-11	-11	-10	-10	-11	-11	-11	-10	-9	
5	-1	1	3	5	7	8	9	9	7	5	2	0	-2	-4	-4	-5	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-3	
0	3	5	7	10	12	13	14	13	12	9	7	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
-5	7	9	11	14	16	18	18	18	16	14	12	10	8	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
-10	10	12	15	17	20	21	22	21	20	18	16	14	12	11	10	9	9	9	9	9	9	8	8	9	
-15	7	9	12	15	17	19	20	19	18	16	15	13	11	10	8	8	7	7	7	7	7	6	6	6	
-20	-2	0	2	5	8	10	10	10	9	8	6	5	3	2	0	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-3	-3	-3	
-25	-12	-10	-7	-4	-1	0	1	1	0	-1	-2	-3	-5	-6	-7	-8	-9	-9	-9	-9	-10	-11	-12	-13	
-30	-12	-11	-8	-4	-2	0	1	0	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-8	-8	-9	-9	-11	-12	-13	
-35	-4	-3	0	3	6	8	9	9	8	8	7	7	6	5	3	2	2	1	1	1	0	-2	-4	-5	
-40	2	4	7	10	13	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	14	13	12	11	10	10	9	9	8	6	4	2	
-45	0	1	4	7	10	12	13	13	13	13	13	13	13	12	11	9	9	8	8	8	6	4	2	0	
-50	-10	-9	-6	-3	0	2	2	2	2	3	3	4	4	3	2	1	0	0	0	-1	-3	-5	-8	-10	
-55	-21	-20	-18	-14	-12	-10	-9	-9	-9	-9	-8	-7	-7	-7	-8	-10	-10	-11	-11	-11	-13	-15	-18	-21	
-60	-33	-32	-30	-26	-24	-22	-21	-21	-21	-20	-19	-18	-18	-18	-19	-20	-21	-21	-21	-22	-23	-26	-29	-32	
-65	-48	-47	-45	-42	-33	-37	-37	-37	-36	-36	-34	-33	-32	-33	-34	-35	-35	-35	-35	-36	-38	-41	-44	-47	
-70	-65	-64	-62	-58	-56	-54	-54	-53	-53	-52	-51	-49	-48	-49	-49	-50	-51	-51	-51	-52	-54	-57	-60	-63	
-75	-71	-70	-68	-65	-62	-60	-60	-60	-60	-59	-58	-57	-55	-54	-54	-55	-56	-56	-56	-56	-57	-59	-62	-66	-69
-80	-58	-58	-55	-52	-50	-48	-48	-47	-47	-46	-44	-42	-41	-41	-42	-43	-44	-44	-44	-44	-44	-46	-49	-53	-57
-85	-36	-36	-33	-30	-28	-26	-26	-26	25	-24	-22	-21	-19	-19	-20	-21	-21	-21	-21	-22	-24	-27	-31	-35	
-90	-25	-25	-23	-20	-17	-16	-15	-15	-14	-13	-11	-10	-9	-8	-9	-10	-11	-11	-10	-11	-13	-16	-20	-24	

表 4

 $\Delta\mu'(\text{FK}_5-\text{FK}_1)$

单位: 0.01"/cyr

δ (°)	α	0°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
90		7	28	37	32	14	-4	-10	-2	18	37	44	35	15	-5	-12	-3	18	38	46	36	14	-8	-19	-12
85		-16	3	12	7	-9	-26	-32	-24	-6	12	19	10	-9	-27	-34	-25	-6	13	20	11	-9	-30	-40	-34
80		-26	-10	-3	-6	-19	-32	-36	-30	-15	-1	4	-3	-18	-33	-38	-31	-15	0	6	-2	-19	-36	-45	-40
75		-23	-12	-6	-8	-16	-24	-27	-20	-12	-3	0	-5	-15	-25	-2	-23	-12	-2	2	-4	-16	-29	-35	-32
70		-24	-18	-14	-14	-17	-21	-21	-19	-13	-8	-7	-10	-16	-22	-23	-20	-13	-7	-6	-9	-17	-25	-30	-29
65		-11	-8	-5	-4	-4	-5	-4	-3	0	1	1	-1	-3	-6	-6	-4	0	2	3	0	-4	-9	-12	-13
60		-7	-6	-4	-2	-1	0	1	2	3	3	3	2	0	-1	0	1	3	5	4	3	-1	-4	-7	-8
55		1	3	5	7	8	9	10	11	12	12	12	11	9	8	8	10	12	14	13	12	8	4	2	1
50		-6	-4	-1	0	0	0	1	2	4	5	5	4	1	-1	-1	1	4	6	7	5	0	-4	-7	-8
45		-13	-10	-7	-6	-6	-7	-6	-5	-2	-1	-1	-2	-5	-8	-8	-6	-2	1	1	-1	-6	-11	-15	-15
40		-5	-2	0	2	2	1	2	3	5	7	7	5	2	0	0	2	5	8	9	6	2	-3	-6	-7
35		-4	-2	0	2	3	4	5	6	7	7	7	5	4	3	3	5	7	8	8	6	3	-1	-4	-5
30		-3	-3	-1	1	4	6	7	8	8	7	6	5	5	5	6	7	8	8	7	6	4	1	-1	-3
25		-9	-10	-8	-6	-2	1	2	3	1	0	-2	-2	-2	0	1	1	1	1	0	-1	-2	-4	-6	-8
20		-3	-4	-3	0	4	7	9	9	7	5	4	4	4	6	7	7	7	7	6	5	4	2	0	-2
15		-5	-5	-3	-1	2	4	6	6	6	5	3	3	3	3	4	5	6	6	5	4	2	0	-3	-4
10		-14	-13	-11	-9	-8	-6	-5	-4	-4	-4	-4	-5	-7	-7	-7	-6	-4	-2	-2	-4	-8	-11	-14	-15
5		-13	-10	-8	-6	-6	-6	-5	-4	-2	-1	-1	-3	-5	-7	-7	-5	-2	0	1	-2	-6	-10	-13	-14
0		-9	-6	-3	-2	-2	-2	-1	0	2	3	3	1	-1	-3	-3	-1	2	4	5	2	-2	-6	-9	-10
-5		3	5	7	9	10	11	12	13	14	14	13	12	11	10	11	12	14	15	15	13	10	7	4	3
-10		4	4	5	8	11	14	16	16	15	13	12	11	12	13	14	15	15	14	14	12	11	9	7	5
-15		6	5	5	8	13	18	20	20	17	14	12	12	14	17	19	19	17	15	13	13	13	13	12	9
-20		3	0	0	4	9	15	17	17	13	9	7	7	10	14	16	16	13	10	9	8	9	10	9	6
-25		-6	-8	-8	-5	0	5	8	7	4	1	-1	-1	1	4	6	6	4	2	0	0	0	1	0	-3
-30		-5	-6	-5	-2	2	5	7	7	5	3	2	2	2	4	5	6	5	5	4	3	2	0	-2	-4
-35		-10	-9	-7	-5	-4	-2	-1	0	0	0	-1	-2	-3	-3	-3	-2	0	1	1	-1	-4	-7	-9	-11
-40		-11	-9	-6	-5	-4	-4	-4	-2	-1	1	1	-1	-4	-5	-5	-3	-1	2	2	0	-4	-9	-12	-13
-45		-19	-17	-14	-13	-12	-12	-11	-10	-8	-7	-8	-9	-11	-13	-13	-11	-8	-6	-6	-8	-12	-16	-20	-20
-50		-19	-19	-17	-15	-12	-10	-9	-8	-9	-9	-10	-11	-12	-11	-10	-9	-9	-8	-9	-10	-12	-15	-17	-19
-55		-16	-18	-18	-14	-9	-4	-1	-2	-5	-9	-11	-11	-8	-5	-3	-3	-5	-8	-10	-10	-9	-8	-9	-12
-60		-13	-19	-20	-15	-6	2	6	4	-3	-10	-13	-12	-6	1	4	3	-3	-9	-12	-11	-6	-3	-2	-6
-65		4	-4	-6	0	11	21	26	23	14	5	0	3	11	20	25	22	14	6	2	4	11	17	18	13
-70		-1	-10	-12	-6	6	18	23	20	10	0	-5	-2	7	17	21	18	10	1	-4	-1	6	13	15	9
-75		-10	-18	-20	-15	-4	7	12	9	0	-9	-14	-11	-3	6	11	8	0	-8	-12	-10	-4	3	4	-1
-80		-25	-32	-33	-28	-19	-8	-5	-8	-15	-23	-27	-24	-16	-11	-7	-9	-15	-21	-25	-23	-19	-14	-13	-18
-85		-17	-22	-22	-18	-10	-2	1	0	-6	-12	-16	-14	-9	-3	0	-2	-6	-11	-14	-13	-10	-7	-7	-11
-90		9	5	5	9	16	23	26	25	20	15	12	13	17	22	15	24	20	16	13	14	16	19	18	15

在表 5 中列出赤经和赤经自行上与星等有关的平均系统差。由于数值较小,在计算中没有计及。

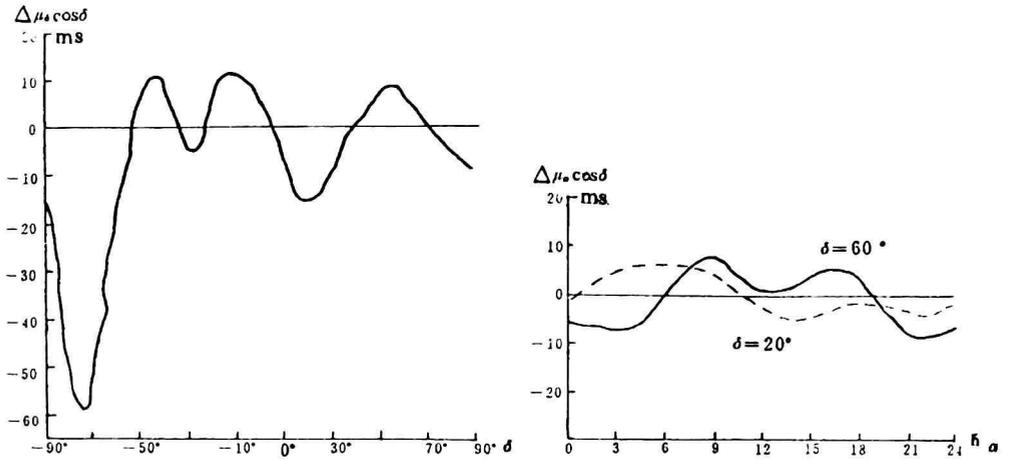


图 3 $\Delta\mu\cos\delta$ 和 $\Delta\mu\cos\delta$

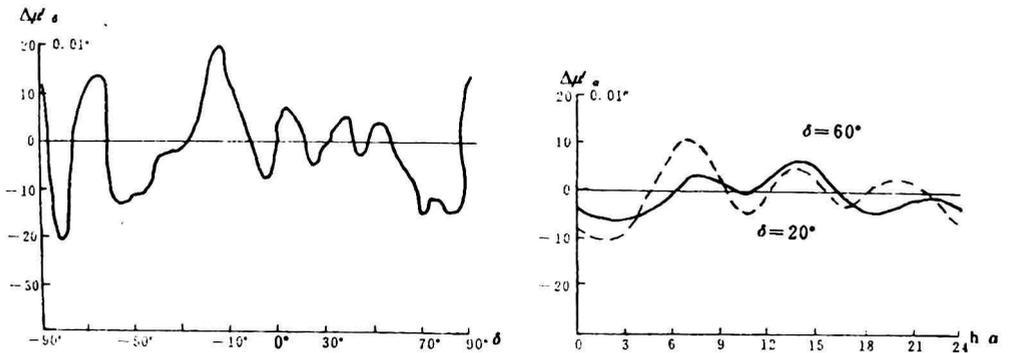


图 4 $\Delta\mu'\delta$ 和 $\Delta\mu'\delta$

表 5 赤经及赤经自行与星等关系

星等 系统改正	1	2	3	4	5	6	7
$\Delta\mu\cos\delta$ (0.001s)	-3	-2	-1	0	0	0	1
$\Delta\mu\cos\delta$ (0.001s/cyr)	-11	-6	-3	0	1	1	1

三、星表系统差对时纬观测的影响

现在使用的光学仪器有光电中星仪和光电等高仪、丹容等高仪、天文仪及照相天顶筒。由

于观测方法原理不一样,星表系统差对时纬观测的影响也不相同。

光电中星仪和照相天顶筒用中天法测时,其关系式

$$S = \alpha \quad (1)$$

式中 S 为恒星时, α 为恒星赤经。由于赤经系统差引起钟差改正 Δu , 由(1)式得

$$\Delta u = \Delta \alpha \quad (2)$$

对照相天顶筒测纬,有关系式

$$\varphi = \delta - Z \quad (3)$$

式中 φ 为纬度, δ 恒星赤纬, Z 为天顶距。由赤纬系统差 $\Delta \delta$ 引起纬度改正 $\Delta \varphi$, 由(3)式得

$$\Delta \varphi = \Delta \delta \quad (4)$$

等高仪观测为定组观测,一组星的平均赤纬近似等于地方纬度 φ , 为了使讨论简单,以一组星的平均赤经系统差和赤纬系统差表示 $\Delta \alpha$ 和 $\Delta \delta$, 设恒星在星组中均匀分布,由等高观测方程可以得到方程的解

$$X = \frac{\sum \delta h \sin A}{\sum \sin^2 A} + 15 \cos \varphi \cdot \Delta \alpha \quad (5)$$

$$Y = \frac{\sum \delta h \cos A}{\sum \cos^2 A} + \cos Z \cdot \Delta \delta$$

式中 A 为方位角, Z 为天顶距, δh 为观测量。(5)式中右面第一项为原来等高方程不计及星表系统差 $\Delta \alpha, \Delta \delta$; 第二项是由星表系统差引起的对 X, Y 的改正, 利用

$$X = 15 \cos \varphi \cdot \Delta \alpha \quad (6)$$

最后得到由于星表系统差对钟差改正 Δu 和纬度改正 $\Delta \varphi$ 的影响为

$$\Delta u = \Delta \alpha$$

$$\Delta \varphi = \cos Z \cdot \Delta \delta \quad (7)$$

用天顶仪测纬,由其原理有

$$\varphi = \frac{1}{2} (\delta_N + \delta_S) \quad (8)$$

其中 δ_N, δ_S 分别为北、南星的赤纬。在有星表系统差时其关系式

$$\Delta \varphi = \frac{1}{2} (\Delta_N + \Delta_S) \quad (9)$$

四、星表系统差对地极坐标的影响

我国的地极坐标 X, Y 由两部分组成^[6]

$$X = X_0 + X_1$$

$$Y = Y_0 + Y_1 \quad (10)$$

其中 X_0, Y_0 为历元平极相对固定平极的坐标; X_1, Y_1 为瞬时自转极相对历元平极的坐标。 X_1, Y_1 用 OPAOB 法^[7]求得; X_0, Y_0 由国内外 26 个台站的纬度观测结果,扣除周年项,张德勒项以及短周期分量后得到的纬度长期变化。由给定权重 P_i ^[6]按最小二乘法解

$$\varphi_{0i}(t) - \varphi_{00i} - \Delta_i(t) = X_0(t) \cos \lambda_i + Y_0(t) \sin \lambda_i + Z_0(t) \quad (11)$$

求得 X_0, Y_0 。式中 $\varphi_{0i}(t)$ 为第 i 架仪器在 t 时的长期纬度值, φ_{00i} 为其初始值, $\Delta_i(t)$ 为该机器人仪差, λ_i 为经度, $Z_0(t)$ 为公共 Z 项。表(6)列出所用 26 个台站名、经度、初始纬度,及权重。

表 6

参加台站仪器、坐标

序号	台站	仪器	经度	纬度	权重
1	Mizusawa	PZT	-9° 24' 31"	+39° 19' 16"	6.71
2	Mizusawa	VZT	-9 24 31	+39 19 18	3.91
3	Tokyo	PZT	-9 18 10	+35 40 21	4.98
4	Blagoveshensk	ZTL-180	-8 29 55	+50 19 09	8.01
5	Tian	ZTL-180	-7 48 14	+39 08 02	9.00
6	Irkutak	ZTL-180	-6 57 23	+52 16 44	5.38
7	Kitab	VZT	-4 27 31	+39 08 02	4.23
8	Kitab	ZTL-180	-4 27 31	+39 08 02	4.88
9	Engelhardt	ZTL-180	-3 15 16	+55 50 20	6.16
10	Poltavva	VZT	-2 18 12	+49 36 13	3.16
11	Pulakva	VZT	-2 01 19	+59 46 15	5.59
12	Waraaw	VZT	-1 24 09	+52 05 56	4.66
13	Belgrade	VZT	-1 22 03	+44 48 10	3.22
14	Borowiec	VZT	-1 08 18	+52 16 38	3.83
15	Dresden	T1	-0 54 56	+51 03 16	3.90
16	Potsdim	AST	-0 52 16	+52 22 55	3.14
17	Ramburg	PZT	-0 40 04	+53 35 50	3.42
18	Carloforte	VZT	-0 33 15	+39 08 09	3.58
19	Ottawa	PZT	5 03 41	+45 24 01	13.16
20	Washington	PZT	5 08 26	+38 55 17	8.56
21	Shinghai	AST	-8 05 43	+31 11 24	4.16
22	Wuchang	AST	-7 37 23	+30 32 29	5.39
23	Beijing	AST	-7 45 19	+40 06 05	5.46
24	Paris	AST	-0 09 21	+48 50 09	4.58
25	San Juan	Ast	+4 34 29	-31 30 39	6.00
26	Quito	AST	+5 15 00	-0 12 56	9.38

赤纬系统差对 X_1 、 Y_1 的影响。由 OPAOB 方法,地极移动的周年项是固定的,张德勒项周期为 1.2 年,由观测纬度变化 $\Delta\varphi$ 按

$$(\Delta\varphi - Z - \Delta\varphi_a) = X_{1.2}\cos\lambda + Y_{1.2}\sin\lambda \quad (12)$$

求得张德勒项的地极坐标 $X_{1.2}$ 、 $Y_{1.2}$ 。(12)式中 Z 为地方 Z 项, $\Delta\varphi_a$ 为周年纬度变化。因此瞬时自转极相对历元平极的坐标 X_1 、 Y_1 为

$$\begin{aligned} X_1 &= X_a + X_{1.2} \\ Y_1 &= Y_a + Y_{1.2} \end{aligned} \quad (13)$$

设赤纬系统差引起的纬度改正为 $\Delta\varphi_s$,由(12)式可得

$$(\Delta\varphi - Z - \Delta\varphi_s) + \Delta\varphi_s = (X_{1.2}\cos\lambda + Y_{1.2}\sin\lambda) + (\Delta X_{1.2}\cos\lambda + \Delta Y_{1.2}\sin\lambda) \quad (14)$$

比较(12)和(14)式得

$$\Delta\varphi_s = \Delta X_{1.2}\cos\lambda + \Delta Y_{1.2}\sin\lambda \quad (15)$$

这样用 OPAOB 法,由(15)式可解得赤纬系统差对 X_1, Y_1 的影响

$$\Delta X_1 = \Delta X_{1.2}$$

$$\Delta Y_1 = \Delta Y_{1.2} \quad (16)$$

赤纬系统差对 X_0, Y_0 的影响,和 X_1, Y_1 情况一样,可将(11)式写为

$$(\varphi - \varphi_c - \varphi_{00} - \Delta) = X_0\cos\lambda + Y_0\sin\lambda + Z_0 \quad (17)$$

式中, φ 为台站纬度, φ_c 为纬度周期项, 其他符号和(11)式相同。当存在赤纬系统差 $\Delta\delta$ 时, (17)式为

$$\begin{aligned} &(\varphi - \varphi_c - \varphi_{00} - \Delta) + (\Delta\delta - \Delta\varphi_s) \\ &= (X_0\cos\lambda + Y_0\sin\lambda + Z_0) + (\Delta X_0\cos\lambda + \Delta Y_0\sin\lambda + \Delta Z_0) \end{aligned} \quad (18)$$

式中 $\Delta\varphi_s$ 为由(15)式得的 φ_s 的改正, $\Delta X_0, \Delta Y_0, \Delta Z_0$ 分别为相对固定平极的历元平极坐标改正和公共 Z 项的改正。比较(17)和(18)式得

$$(\Delta\delta - \Delta\varphi_s) = (\Delta X_0\cos\lambda + \Delta Y_0\sin\lambda + \Delta Z_0) \quad (19)$$

对表 6 所列台站,用最小二乘法解(19)式,可得 $\Delta X_0, \Delta Y_0$ 。再和(16)式相加,得到地极坐标改正

$$\Delta X = \Delta X_0 + \Delta X_1$$

$$\Delta Y = \Delta Y_0 + \Delta Y_1 \quad (20)$$

五、星表系统差对综合时号改正数,地极坐标影响的实际结果

对综合时号改正数的影响,按以下步骤计算。

1)由参加综合时号改正数各台站观测资料,得到 1980—1988 年每年每月实际观测星组的恒星时分布。

2)星表系统差的计算,由 J2000.0 的星位系统差 $\Delta\alpha$ 或 $\Delta\delta$,和自行系统差 $\Delta\mu$ 或 $\Delta\mu'$,按下式得到历元 T 时的星表系统差 $\Delta\alpha(T)$ 或 $\Delta\delta(T)$,

$$\Delta\alpha(T) = \Delta\alpha + \Delta\mu(J - 2000.0)$$

$$\Delta\delta(T) = \Delta\delta + \Delta\mu'(J - 2000.0) \quad (21)$$

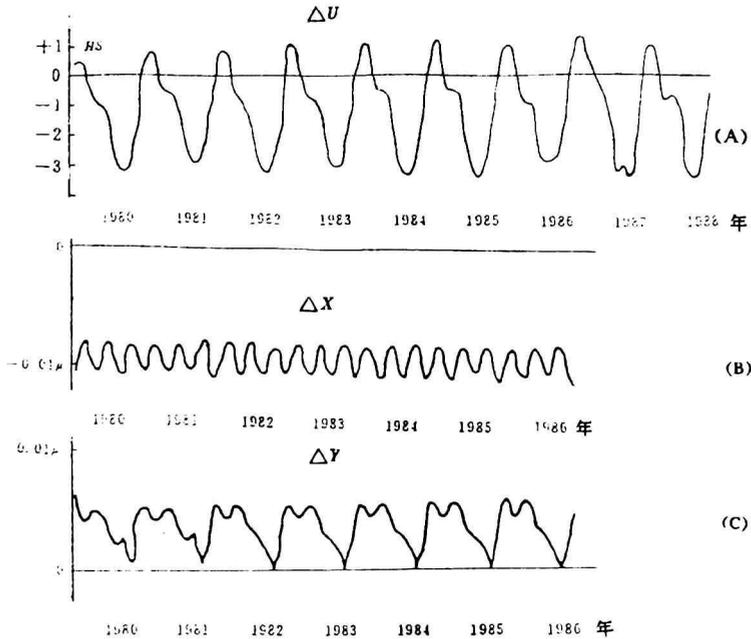
其中 $\Delta\alpha, \Delta\delta, \Delta\mu, \Delta\mu'$ 分别用表 1 至表 4,按台站纬度及观测星组的恒星时取得。为取得较平滑的星表系统差值,赤纬方向对等高仪按仪器所在的纬度取天顶距 $Z = \pm 30^\circ$ 范围,对光电中星仪和天顶仪取 $Z = \pm 10^\circ$ 范围,每 5° 一个星表系统差值内插后的平均,取为所求的星表系统差。对照相天顶筒取 $Z = 0^\circ$ 的值为星表系统差值。

3)由所得的星表系统差,按仪器用(2)、(4)、(7)和(9)式,并根据每月观测星组数,得到 1980—1988 年国内各台站每月平均的测时、测纬影响 Δu 和 $\Delta\varphi$,表 7 以 1984 年上海天文台目视和光电等高仪(ZIA 和 ZIB)为例,列出星表系统差的影响 Δu 和 $\Delta\varphi$ 。其中 P 为原计算综合时号改正数时的仪器权重。

表 7

星表系统差对测时、测纬的影响

年	1984											
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
日	11.13	17.14	17.03	16.45	9.89	8.64	16.38	10.94	14.74	19.24	18.27	19.59
组号	21	15	15	11	13	0.6	16	25	21	24	20	18
ΔU	1.23	1.47	-0.06	-0.63	-0.32	-0.51	-1.91	-2.91	-3.26	-2.68	-1.44	-0.44
Δp	0.77	0.64	0.09	-0.46	0.94	0.66	-0.60	-1.76	-3.85	-4.00	-2.56	-4.10
P	1	1	1	1	0.91	0.83	0.75	1	1	1	1	1
日	9.87	17.01	14.70	17.65	17.92	9.04	15.71	11.46	16.99	20.99	17.05	18.12
组号	22	16	16	15	19	8	27	32	26	26	22	21
ΔU	1.49	1.07	-0.08	-0.66	-0.47	-0.88	-1.90	-3.12	-3.23	-2.36	-1.22	0.64
Δp	0.84	0.43	0.06	0.62	0.82	0.36	-0.62	-2.36	-3.97	-3.88	-2.22	0.15
P	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

图 5 星表系统差对综合时号改正数(Δu)和地极坐标(ΔX 、 ΔY)总的影响

根据仪器权重 P , 对 Δu 取权平均, 然后对 1980—1986 年全部改正值作平滑, 得到星表系统差对综合时号改正数的影响, 如图 5(A)。可见, 最大影响约为 $0^{\text{s}}.003$ 左右。

我国的相对固定平极的地极坐标, 只发表到 1986 年, 所以本工作只计算 1980—1986 年星表系统差对地极坐标影响。计算按以下步骤进行。

1) 受资料限制, 用以下原则确定观测星组恒星时: 由于观测都采用定组进行, 一般每月每次观测固定两组星, 以后逐月更换一个星组, 而且一般观测都近似对称子夜, 因此得到表 8 所示每月观测星组恒星时的分布。