

中国大地测量星表文集

《中国大地测量星表》工作组 编著

(国家自然科学基金资助项目)

测绘出版社

4083

214-3
14

中国大地测量星表文集

《中国大地测量星表》工作组 编著

(国家自然科学基金资助项目)

期 限 表

1. 最后三日期本书必须归还



TW. 14

912279

中国大地测量星表文集
《中国大地测量星表》工作组 编著

测绘出版社出版
北京市昌平印刷厂印刷
新华书店总店科技发行所发行

开本 787×1092 1/16 • 印张 5.75 • 字数 121 千字
1991年5月第1版 • 1991年5月第1次印刷
印数 1—800册 • 定价 12.00 元
ISBN 7-5030-0455-X / P • 152

序

《中国大地测量星表》是我国天文工作者与测绘工作者一起，经过三年多时间的努力，以实测恒星位置为基础的一部星表。这部星表有较高的恒星视位置精度和自行精度，可与国际上一流星表媲美。这部星表的编制出版是天文学密切结合国民经济建设的一个重要成果。

为了这部星表的使用方便和使星表使用者对这部星表编制过程中的各种内容有比较详细的了解，中国大地测量星表工作组编写了《中国大地测量星表文集》。文集内容有：实测的星位改正是如何计算的；恒星的自行又如何求得的；如何将恒星平位置化算到视位置；大地测量星表在大地测量学中的意义；以及这部星表的精度如何评价。在文集的后半部还刊登了我国各天文台实测大地星的观测结果以供深入了解这部星表之用。

本文集也为欲从事恒星参考系研究和星表编制工作者提供一本难得的参考材料。

《中国大地测量星表》及其“文集”是我国天文与测绘部门大协作的成果。我们尽力之所能将工作做得好一些，限于我们的学术水平，仍会有不妥和错误之处，殷切盼望读者给予批评指正。

韩天芭

1991. 2. 15. 于东湖之滨

目 录

《中国大地测量星表》编制总结	韩天艺 (1)
中国大地测量观测星表的归算方法	鲁礼志 (8)
《中国大地测量星表》的自行系统和545颗GC星位置的测定	李正兴 鲁春林 (18)
恒星基本参考系的改进和大地测量星表的发展	李东明 (37)
恒星视位置计算	钟维玲 夏汉林 (43)
大地测量星表现状和90年代要求	夏汉林 钟维玲 (49)

《中国大地测量星表》实测星的观测结果

北京天文台Ⅱ型光电等高仪 (PPA) 大地星的观测结果	鲁礼志 王泽佳 (52)
云南天文台Ⅱ型光电等高仪 (YPA) 大地星的观测结果	胡 辉 王 锐 (65)
上海天文台Ⅱ型光电等高仪 (SPA) 大地星的观测结果	赵 刚 张建卫 (72)
陕西天文台Ⅰ型光电等高仪 (XPA) 大地星的观测结果	马雨刚 (77)
北京天文台光电中星仪 (PP) 大地星的观测结果	鲁礼志 曾紫妙 (82)
天津纬度站天顶仪 (ZTL) 大地星的观测结果	喬培荣 张义培 方礼文 (84)

《中国大地测量星表》编制总结

韩 天 芭

(中国科学院测量与地球物理研究所)

前 言

《中国大地测量星表》经中国科学院所属的测量与地球物理研究所、北京天文台、紫金山天文台、云南天文台、上海天文台、陕西天文台和国家测绘局、总参谋部测绘局一起，在国家自然科学基金委员会和中国科学院天文委员会的支持下，经过三年多时间，近40多名工作人员的努力，通过实测，订正了大量GC (General Catalogue of 33342 stars for the epoch 1950) 星的星位和这些星的自行，得到了我国第一部以实测结果为基础的、高精度的、供大地测量用的工作星表。

《中国大地测量星表》共包含恒星4056颗，其中：

FK 5 (含FK 5_E) 星2226颗，GC星1830颗；

星等亮于 (含) 6.5等；

恒星赤纬 $-30^{\circ} \sim +90^{\circ}$ ；

观测历元 (平均) 1988.0；

观测历元的星位平均观测精度 $M_{\alpha} = \pm 4.0\text{ms}$, $M_{\delta} = \pm 0.''07$ ；

恒星自行精度 $M_{\mu} \cos \delta = \pm 0.''19$ 世纪, $M_{\mu}' = \pm 0.''22$ /世纪；

星表历元 J2000.0

《中国大地测量星表》不仅提供了1830颗亮星的高精度星位，而且还为这1830颗亮星提供了高精度的自行，自行的精度可与依巴谷卫星观测结果的预计精度相当。“中国大地星表”不仅为我国大地测量提供一部高精度的工作星表，也为恒星参考系的精化作出了可贵的贡献。就星表工作来说，可以与国际上第一流星表相媲美。与国际上同类星表——苏联大地星表比，不论质与量 (指单位天区的恒星密度) 都要超过。当然，这与我们自己高质量的观测结果和用了国际上最新资料是有关的。

《中国大地测量星表》是我国天文部门和测绘部门大协作的成果，也是我国天文工作者和测绘工作者的共同心愿。

二、任务的回顾

旧中国也曾有大地天文工作，那时的工作谈不上规范化，天文测量的精度比较差，所使用的星表质量也不高。其实在那个时代，国际上由于整个技术水平的关系，不仅野外天文

定位的精度不高,就是天文台授时工作的时间测定基准也不高。50年代以来,随着技术的进步,以整个地球为对象的大地天文工作的精度和国际间统一参考系的标准提到日程上来,例如地极的坐标在1968起统一使用协议极原点(CIO)。新中国的建立为测绘工作赋予新的生命。1953年起我国逐步建立起天文经度基本点网,使我国的天文经度测量纳入统一系统。恒星参考系方面规定统一使用FK 3星表。可是全天祇有1535颗星的FK 3星表不能满足大地天文工作的需要。1956年,中国科学院地理研究所大地测量组以苏联1967颗恒星平位置表为蓝本,从GC星表中选用了部份低赤纬和南赤纬的星加以系统改正化算到FK 3系统,编制成2628颗恒星平位置表(历元1950.0)以供我国大地天文工作之用。随后于1968年,国家测绘总局又在上述星表基础上扩充了一些GC星和N 30星,用同样方法编制了3447颗恒星平位置表(历元1980.0)一直使用到现在。

上述两部星表,尤其是后一部,从星数来说是满足了在我国纬度范围内大地天文工作的需要。可是从恒星星位精度来说,两部星表存在着同样的问题,即非FK 3星(尤以GC星)的星位精度偏低,不能满足大地测量的要求。根据七十年代末国内几个天文台的观测结果,我们对FK 4 Sup中306颗和GC中263颗星的赤纬误差(赤经情况大体相似)进行了统计,其星位误差分布如表1,至于N 30星表和KF 3星表的星位误差大致介于FK 4 Sup和

FK 4 Sup和GC星位在赤纬方面的误差统计

表 1

星位误差 (°)		<0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.2	1.2~1.6	1.6~2.0
星 数 和 分 比	FK 4 Sup	247 81%	30 10%	22 7%	7 2%	/	
	GC	178 68%	42 16%	19 7%	8 3%	8 3%	8 3%

GC星表之间。由表1可见,FK 4 Sup星表中的19%,GC星表中的32%的恒星位置误差大于0.4°,显然大大超过了大地测量的要求。我国的大地天文工作有鉴于此,在野外天文作业中规定在一等天文点测定中,一个点上选用GC星不能超过所观测恒星总数的1/4。近年来随着大地测量精度的提高,现有的工作星表精度愈显得不够。大地测量学的任务已由为了成图转入研究地球整体和地壳运动,由静态三维坐标转入动态的四维时空。现代大地测量学对天文点的坐标精度有更高的要求。因此编制一部能满足现代大地测量的要求,具有较高精度的星表是我国天文工作者和测绘工作者的共同心愿。

早在70年代中期,我国天文工作者曾经提出通过实测改善GC星的星位精度来编制“大地测量星表”;并曾研究了比较具体的实施方案。我国还没有专供从事星表工作的观测仪器,如要实施必须组织所有天文台的力量,用我们小口径望远镜来进行。可惜当时没有能组织起来进行大地星表的实测工作。既然有愿望,总要进行的。

1985年李东明研究员认为恒星参考系的研究和实测是非常重要的工作,应充分及时地发挥我国小口径天文望远镜的作用,与罗定江研究员等提出编制“基本暗星星表”的课题(该课题得到中国科学院基金的支持),同时提出通过实测编制“大地测量星表”的意见。这是一个很及时的建议。商定由本人负责联合天文工作者和测绘工作者,共同研究新形势下“大地测量星表”的任务,向国家自然科学基金委员会申请资助。“大地测量星表”

的任务从精化恒星参考坐标系着手,组织全国天文台和测绘部门(本任务参加单位和工作人员见文后附表),用三年时间对大地测量用的非FK 5 星的星位进行精确测定,使这些星的星位误差 $\leq 0.1''$,同时提供近2000颗亮星的自行,编制出适用我国纬度范围的“大地测量星表”供测绘部门使用。这不仅提高大地天文的定位精度,也为远程武器和空间科学提供更精确的地球表面点的点位参数。

1987年得到国家自然科学基金委员会的批准,项目编号为1870611,任务执行期为1988.0~1991.0。

三、任务的实施

任务的实施是建筑在这样的基础上:

1. 我国天文工作者编制过在国际上享有声誉的等高总星表(GCA)和光电等高总星表(GCPA),授时赤经星表(CTC),这三部星表都被用来订定FK 5 系统,国际上众多星表能被采用订定FK 5 系统的只是少数。我国编制的这三部星表是值得我们自豪的。主持编制FK 4 和FK 5 的Fricke教授在他1982年发表的文章上说过“CTC给出的精度好于FK 4”,CTC残差弥散度为 $\pm 2.5\text{ms}$,他认为“主要来自FK 4 的误差”。这是我们用现有时纬仪器去完成“大地测量星表”最宝贵的经验和信心。我国目前还没有专用于星表工作的观测仪器(不久,我国就会有专用于星表工作的仪器,一台新型子午环已在陕西天文台试观测,Ⅲ型光电等高仪可在1991年内出厂,具有特色的低纬子午环也将于1993年制成),这次任务只能是依赖现有时纬仪器,尤其光电等高仪。在我们决定任务之初,光电等高仪正准备改装成全自动,1989年4部光电等高仪的全自动都改装完成,为“大地测量星表”如期完成得到了观测手段上的保证。

2. 近年来FK 5 的问世,为我们编制“大地测量星表”提供了高精度的参考标准。国际上陆续发表的一些观测精度较高的星表,如苏联最新“大地测量星表”(CGS)(这部星表直到1990年5月我们才得到磁带文件),华盛顿海军天文台的W 5 50星表,澳大利亚的Perth星表,西班牙和丹麦、英国等合作的CAMC星表等,为我们计算恒星的自行和订定南赤纬星的星位提供有利条件。还有我们自己对恒星参考坐标系的精化也掌握了较多的理论基础,做了大量的研究工作。

3. 我们天体测量工作者历来有团结协作的良好风尚,天体测量与测绘工作者同样历来有良好的互相配合和协作传统。具备了工作的理论、条件、良好的团结协作等因素,使任务的实施完成有了保证。

在任务实施过程中,1987年初已进行必要的准备工作。首先是考虑我国“大地测量星表”应选取那些星。根据测绘部门的意见,我国“大地测量星表”以国家测绘总局1968年编制的“3447颗恒星平位置表”为基础,再加上历年已为测绘外业所使用过的685颗共4132颗星。这些恒星分别选自FK 4、FK 4 Sup、FK 3、GC、N 30和KT 3等。将4132颗恒星加以整理,发现恒星赤纬方面不仅有 -40° 的,还有 -70° 的;星等方面有暗于7.0的;还有不少双星和变星。这说明我们过去所用的工作星表不仅是星位精度偏低,而且取星条

件也缺乏标准。这种情况估计是与编制的特殊年代的特殊条件有关。显然,这些星中有些星不仅野外天文作业的小望远镜是无法观测,即使是天文台的望远镜也不一定能观测。例如有极少数几颗星,除了GC上有外,我们找遍手头所有国际上的星表均没有这几颗星。因为这些是相距甚近的双星及星等变化幅度甚大的变星。

基于上述情况,在任务实施之初,1988年3月间的“大地测量星表”工作会议上,就实测什么条件的星,亦即我国“大地测量星表”选星用什么标准进行了认真的讨论;並作出一些相应的决定:恒星赤纬方面最南到 -30° ,北到 -90° 。理由为我国疆界的地理纬度最南为北纬 3° 、恒星赤纬选取到 -30° ,天文观测工作的天顶距为 33° ,已接近野外天文作业细则允许天顶距的边缘;还有一点是因为我们目前尚无实测南天星的手段,南天星都将取自国际上其他星表。而南天星精度却普遍低于北天星,暂时少取南天星是适宜的。今后如果要编制我国全天的“大地测量星表”,可再另行考虑。如正在拟议中我们将组织到南半球去观测南天的星。星等方面,暗于6.5等的星不选入的理由是对野外天文作业仪器来说,6.5等星已是最佳观测状态的极限。双星和变星方面:双星一般不选用,如果几何双星间星等差别较大,其角距又大于 $8''\sim 10''$ 者可选用;变星的星等变化有暗于7.0等者不选用,其理由是显而易见的。

这次会议还决定“大地测量星表”的观测均以FK 5为基准。北京天文台、云南天文台、陕西天文台均在1987年下半年已开始大地星的观测,当时归算仍以FK 4为基准,现一律改算到FK 5系统上来。我们每夜的观测基本纲要:

大地星组 基本星组 基本星组 大地星组
或 基本星组 大地星组 大地星组 基本星组

上述的大地星组即是星表工作所需的待测星组。基本星组均是FK 4星。基本星组的观测结果是提供给我国地球自转参数(ERP)服务中心订定时号改正数和瞬时极坐标用的。我国ERP服务中心为配合“大地测量星表”工作,相应于1988年起由FK 4系统改为FK 5系统。

就大地测量工作来说,它的对象是整个地球,是大范围的,在精度能达到一定要求时,统一应比精度更重要。因此“大地测量星表”工作对FK 5星不作重测的计划。“大地测量星表”工作也观测FK 5星,那是各天文台的观测结果统一处理时,作为确定各台观测的系统差之用。FK 5星就目前的分析结果看,精度也只是在 $0''.04\sim 0''.06$ (指FK 5和FK 5_E的平均,並含自行误差),在某些区域也存在一定的系统误差。“大地测量星表”中凡是FK 5(含FK 5_E)星均直接引用其位置和自行。这是我们编制“大地测量星表”又一重要标准。

“大地测量星表”的非FK 5星的星位订正观测工作,主要由4台光电等高仪承担。由于台站分布和等高仪观测有一定局限性,观测恒星的赤纬范围为 $-3^\circ\sim +68^\circ$ 。对恒星赤纬的测定还有将近 2° 的公共“盲区”(以 $\cos\delta > 0.3$),在盲区观测到的星是不能确定赤纬改正值的。为此在历次工作会议上作出决定:北天的近极星($\delta > +80^\circ$)取自FK 5,赤纬为 $+68^\circ\sim +80^\circ$ 恒星的赤经由北京天文台光电中星仪测定;在这范围的恒星赤纬及等高仪公共“盲区”的恒星赤纬由天津纬度站的目视天顶仪(ZTL-180)来测定。

赤道以南的星由紫金山天文台负责选用国际上精度较高星表中的南天星来综合求得其星位值。

台站地理分布及其观测范围

表 2

台 站	纬 度	观 测 范 围	盲区 ($\cos \mu > 0.3$)
云 南	25° 02'	- 3° ~ - 53°	19° ~ 39°
上 海	31° 11'	- 3° ~ + 59°	26° ~ 46°
陕 西	34° 57'	- 7° ~ + 63°	27° ~ 47°
北 京	40° 06'	+ 12° ~ + 68°	37° ~ 57°

用天顶仪测定恒星赤纬用星对法和较差法。所谓星对法即以FK 5星或已有较高精度赤纬的星与待测星配成纬度星对；较差法即选取FK 5星或已知较高精度赤纬的星和赤经相隔不大、能在视场内见到的待测星，以前者为定标星，用天顶仪的精密测微螺旋测定其天顶距差（赤纬差）。不论星对法或较差法，常要使用大视场来观测，由于天津站天顶仪视场固定丝的丝距精度与测微器螺旋的长周期误差等原因，未能得到完全满意的结果。

各天文台对非FK 5星和FK 5星的实测结果定期以软盘形式送到北京天文台，实测星的统一归算工作由北京天文台负责。将非FK 5的实测的大地星（亦即GC星）编集在一起，为了工作和叙述的方便，称之为“实测大地星表”，並以GPA为其代号。由实测组合的观测历元的星位平均精度：

$$M_{\alpha} = \pm 4.0 \text{ ms}; \quad M_{\delta} = \pm 0.70''.$$

关于GPA的详细情况和归算处理方法见本文集内《中国大地测量观测星表的归算方法》一文。

一部好的星表，有较高精度观测历元的星位，那只是完成一半的工作。星表的使用总是不在或远离观测历元，恒星自行的精度就起很大作用。我们常说GC精度较低，很大程度是受其自行参数精度低的影响。通过这次工作的整理分析，GC星自行参数精度一般在 $0.4 \sim 1.2''/\text{世纪}$ ，有相当一些星达到 $2 \sim 3''/\text{世纪}$ 。GC星的平均观测历元为1900年，当我们使用时都已相距半个世纪以上，其星位精度又怎能不低。这一情况与本文前面的统计结果相符。《中国大地测量星表》恒星自行参数确定的工作由紫金山天文台负责。自行参数的计算必需利用若干不同观测历元的星表，我们这次使用了最新的观测历元为1970年的Perth星表，观测历元为1986年的CAMC星表，当然也使用了我们自己的GPA星表，观测历元为1987年，还有AGK 2，AGK 3，W 5/50等历元较早的星表与GC组成将近一个世纪的时间跨度，因此我们的“大地测量星表”有很高的自行精度：

$$M_{\alpha} \cos \delta = \pm 0.19''/\text{世纪}, \quad M_{\alpha}' = \pm 0.22''/\text{世纪}$$

在计算自行参数时，将所选用的精度好的星表组合成中国综合大地星表。用CCGS为其代号，作为“大地测量星表”的工作星表。关于自行参数的计算和CCGS的详细情况参见本文集内《中国大地测量星表的自行系统和545颗GC星位置的测定》一文。前文中提到南赤纬的GC星及由于多种原因未能观测到的GC星，这些星的星位值均取自CCGS。

在GPA和CCGS星表完成后,于1990年12月中旬召开的“大地测量星表”定稿工作会议上最后认定:《中国大地测量星表》的组成为:(1)FK 5星取自FK 5(含FK 5_E)星表;(2)全部实测的GPA星;(3)大部份南赤纬恒星和未观测到的北赤纬恒星,其星位取自CCGS;(4)除FK 5(含FK 5_E)星外,其他各星自行均取自CCGS。

《中国大地测量星表》的总星数及各台观测情况如下:

I.《中国大地测量星表》总星数4056颗,其中

FK 5(含FK 5_E)星2226颗,GC星1830颗

II.在1830颗GC星的星位中:

1.取自GPA的 $\begin{cases} \alpha: 1359 \text{ 个} \\ \delta: 1283 \text{ 个} \end{cases}$

2.取自CCGS的 $\begin{cases} \alpha: 471 \text{ 个} \\ \delta: 547 \text{ 个} \end{cases}$

其中:

$$\delta < -3^\circ \begin{cases} \alpha: 355 \\ \delta: 355 \end{cases} \quad \delta > -3^\circ \begin{cases} \alpha: 116 \\ \delta: 192 \end{cases}$$

III.各台仪器观测的GC星见表3,表中星数是按实际用于“大地测量星表”的星数。

各仪器实际用于“大地测量星表”的观测星数

表3

仪 器	星数	赤经	赤纬	赤经一过	%	赤纬一过	%
北京台II型光电等高仪	1109	1084	860	91	8	8	1
云南台II型光电等高仪	586	583	337	82	14	8	2
上海台II型光电等高仪	275	262	115	51	19	7	6
陕西台I型光电等高仪	234	212	75	45	21	6	8
北京台光电中星仪	84	84					
天津站天顶仪	142		142				

从表上看一过星在赤经赤纬方面的比例分别为13%和2%。但是综合处理时是按一定权重综合,有些在某一台站是一过,但在另一台站为两过,可以在综合结果中,只有一过星的结果所占比例大大小于上述数据。

四、结 束 语

天文工作者和测绘工作者联合起来,经过三年多时间艰苦的观测、归算,终于得到一部比预计精度要高的“大地测量星表”,值得我们课题组全体成员感到欣慰。

在此回顾我们的工作历程时,我们深深感谢各参加单位业务领导部门对我们工作的支持;深深感谢罗定江、李东明两位研究员对我们工作的指导和帮助;感谢我国地球自转参

数服务中心对我们工作的支持。我们也感谢测绘出版社为《中国大地测量星表》及本文集的出版所给予的帮助。

附：《中国大地测量星表》工作组参加单位和人员名单：

中国科学院测量与地球物理研究所

韩天艺 顾秀莲 马际昭

中国科学院北京天文台

鲁礼志 王泽枝 曾繁妙 张义培 裔培荣 王志华 耿丽 方礼文 孙志文

田静 王颖宏 陈美玉

中国科学院紫金山天文台

李正兴 鲁春林

中国科学院云南天文台

胡辉 王锐 蔡昕 陈翠仙 张志远 廖远祥 辛国宾

中国科学院上海天文台

赵刚 张建卫 范歆宏 陈幼芬 王广利 唐美贤

中国科学院陕西天文台

马雨刚 王红旗 刘进海 张志武 肖金宏 杨廷高 杨淑琴

国家测绘局

陕西省测绘局：钟维玲 郭渭峰

黑龙江省测绘局：魏锦勃 节长森

总参谋部测绘局

夏汉林 徐立新 李福生

中国大地测量观测星表的归算方法

鲁礼志

(中国科学院北京天文台)

摘要

利用北京天文台、云南天文台、上海天文台的Ⅱ型光电等高仪,陕西天文台的Ⅰ型光电等高仪,北京天文台的光电中星仪及天津纬度站的天顶仪自1987年以来的观测资料,采用统一处理方法,编制了各仪器的初始星表。然后,利用这6部初始星表编制成综合星表,并与中国光电等高总星表(G-CPA)进行综合,得到1391颗GC星的位置,其中有1359个赤经值,1283个赤纬值。星等范围为 $0.^m1 \sim 6.^m5$ 。赤纬范围为 $-30^\circ \sim +80^\circ$ 。赤经和赤纬方面的平均内部精度分别为 $\pm 4.0\text{ms}$ 和 $\pm 0.^s070$ 。由两部 and 两部以上星表给出的共同星的平均外部符合为 $\pm 4.7\text{ms}$ 和 $\pm 0.^s071$ 。平均观测历元为1988.0。本星表已归化到FK5基本星表系统。

一、序 言

天体测量学中的等高法不但在测定地球自转参数上能得到好的结果,在天文地球动力学的研究中得到重要的应用,而且在基本星表的改进上也很有特色,特别是在检测工作星表的系统差方面有着明显的优势。从70年代以来,先后正式发表的几个等高初始星表和两部综合等高星表来看,更显示了这方面的潜力。我国先后发表的《授时赤经星表》、《综合等高星表》和《中国光电等高总星表》曾在编制FK5基本星表中起到重要的作用。

根据我国测绘部门的要求,为了满足大地测量的需要,在国家自然科学基金委员会的支持下,由武汉测量与地球物理研究所主持,北京天文台、云南天文台、上海天文台的Ⅱ型光电等高仪,陕西天文台的Ⅰ型光电等高仪,北京天文台的光电中星仪和天津纬度站的天顶仪自1987年开始进行《中国大地测量星表》的联合观测。观测工作还有国家测绘局和总参测绘局参加。

利用上述6台仪器近年的观测资料编制成6部初始星表。其中4部光电等高仪初始星表是采用统一方法编制的,并由这4部光电等高初始星表加权组成等高星表综合系统。光电中星仪赤经初始星表和天顶仪赤纬初始星表经过系统归算后,化到等高星表综合系统。然后这6部初始星表经过加权处理后,编制成高仪系统的综合等高星表。该星表和中国光电等高总星表(GCPA)经过系统转换,化到FK5基本星表系统后再进行综合处理,得到实测大地星表(GPA)中的GC星位置。

各仪器观测的基本概况列于表1。

表1中,PPA, YPA, SPA, XPA分别为北京、云南、上海和陕西等天文台的光电等高仪,PP为北京天文台的光电中星仪,ZTL为天津纬度站的天顶仪。

各仪器的基本概况

表1

仪器	观测 平均历元	α			δ		
		FK 5	GC	$\sigma_{\alpha\alpha}$ ($\pm$ ms)	FK 5	GC	$\sigma_{\delta\delta}$ (± 0.01)
PPA	86.8	631	1332	4.1	406	980	6.7
YPA	89.3	391	578	3.9	198	344	6.9
SPA	90.0	187	268	4.7	82	130	7.7
XPA	89.6	256	259	6.8	133	103	8.6
PP	89.8	276	84	6.7			
ZTL	89.8					245	7.1

各初始星表均采用FK 5 作为参考星表, 非FK 5 星已化到FK 5 系统。

二、初始星表的处理方法

1 等高初始星表

4 部光电等高仪的初始星表是用统一方法和程序处理的, 以保持系统的一致。

各初始星表采用的星位改正公式是:

$$\Delta\alpha = \frac{V_E - V_W}{30 \cos \varphi_0 |\sin A|} + \xi \quad (1)$$

$$\Delta\delta = -\frac{V_E + V_W - 2K}{2 \cos q} + D \cos \delta \quad (2)$$

其中:

$$K = -\eta \operatorname{tg} \varphi_0 \operatorname{tg} z + \zeta;$$

$$D = \eta \sec z \cos \varphi_0$$

对于大距星可得:

$$K = \frac{1}{2} (V_E + V_W)_{q=90^\circ} \quad (3)$$

以上式中 V_E 、 V_W 为恒星东、西过等高圈的残差平均值, 並已做了仪器系统误差的改正; A 为方位角; φ_0 为测站纬度采用值; ξ , η , ζ 为常数; q 为星位角; $\Delta\alpha$ 、 $\Delta\delta$ 为恒星的位置改正值。

初始星表都按略去(1)(2)两式右端的第二项归算的。因此初始星表在赤经方面存在一个零点改正 ξ 待定, 而赤纬方面存在赤道面改正 D 待定。实际上, 本星表是沿用FK 5 的零点和赤道面。

2 中量仪赤经星表

利用北京天文台光电中量仪1980~1984年的观测资料,首先计算基本星的内部改正 U ,然后采用加权计算1988年以来的观测残差平均值 V_0 。基本星的内部改正值为

$$V = U + V_0. \quad (4)$$

利用基本星新的内部改正值 V ,重新归算1988年以来的观测资料,并计算待测的大地星的残差,然后加上仪器的系统误差后,得到基本星和大地星的赤经改正值。

3 天顶仪赤纬星表

天津纬度站的天顶仪自1988年10月以来,采用星对法、天顶星法和较差法对大地星进行观测,得到245个赤纬改正值。配对星选自FK 5星。计算赤纬改正的公式如下:

(1) 星对法:

$$\Delta\delta = 2\varphi_f + (\delta_s + \delta_N) - (M_w - M_E)R - (i_E - i_w)\tau - \rho - K \quad (5)$$

(2) 天顶星法:

$$\Delta\delta = \varphi_f - \delta - \frac{1}{2} (M_w - M_E) R - \frac{1}{2} (i_E - i_w) \tau - \rho - K \quad (6)$$

(3) 较差法:

$$\Delta\delta_{1,2} = \pm \left\{ \left[\pm (M_1 - M_2) R \pm (i_2 - i_1) \tau \right] \frac{E}{w} + (\rho_2 - \rho_1) + (K_2 - K_1) - (\delta_1 - \delta_2) \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

式中: φ_f : 仪器当天观测的日平均纬度;

δ_s, δ_N : 为星对法中南、北二星的赤纬,其中一颗为待测星,另一为FK 5参考星;

M : 为测微器读数;

R : 为测微器螺旋周值;

i : 为水准读数;

τ : 为水准格值;

ρ : 为大气折射;

K : 为星径曲率改正;

E, W : 为仪器在东、西时的有关读数。

(7)式中的1,2表示星对中待测星是第一颗还是第二颗,因而在公式中取不同符号。

三、各初始星表系统差的归算和比较

确定星表的系统差一般采用数值方法和解析方法。

(1) 数值方法

数值方法计算星表系统差的数学模式为

$$\Delta a = \Delta a(\delta) + \Delta a(a) + \Delta a(a, \delta) + \Delta a(M) + \varepsilon_a \quad (8)$$

$$\Delta \delta = \Delta \delta(\delta) + \Delta \delta(a) + \Delta \delta(a, \delta) + \Delta \delta(M) + \varepsilon_\delta \quad (9)$$

式中右边前 4 项为在赤经 α 、赤纬 δ 和星等 M 上的系统差，最后一项为偶然误差。

(2) 解析方法

我们用 Δ_i 表示某星表的星位改正 $\Delta\alpha$ 或 $\Delta\delta$ ，它包含系统部分 f 和随机部分 ε 。设星表已成功地消除了星位和星等以外的各种系统差，此时系统差仅为 (α, δ, M) 的函数。 Δ_i 可以一般地表示为

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^g b_j f_j(\alpha_i, \delta_i, M_i) + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

其中 g 为展开式的阶数， n 为被比较星的星数， b_j 为系数， f_j 为系统差的函数表达式， ε_i 为偶然误差。

系统差部分用合适的完备正交函数系的级数展开式来描述。正交函数系的选择主要取决于自变量的密度分布。我们选用 Legendre, Jacobi 和 Fourier 正交函数系分别表达赤纬、星等和赤经方面的系统差。设赤经、赤纬和星等的分布是相互独立的，则三元正交函数系为

$$\{f_i(\alpha, \delta, M) = R_\alpha R_\delta R_M J_n(M) L_n(\delta) F_{m1}(\alpha)\} \quad (11)$$

式中 R_α, R_δ, R_M 为规范化因子。我们利用 F 检验选取显著性函数，采用的显著水平 $Z_0 = 0.05$ 。

(3) 各初始星表系统差的比较

利用观测的 FK 5 星的位置改正，用数值法和解析法计算了 4 部光电等高星表和中星仪赤经星表的系统差。图 1 和图 2 分别给出它们在赤纬方面的系统差 $\Delta\alpha_\delta$ 和 $\Delta\delta_\delta$ ，同时也给出了由 4 部等高初始星表组成的综合等高星表系统的结果。

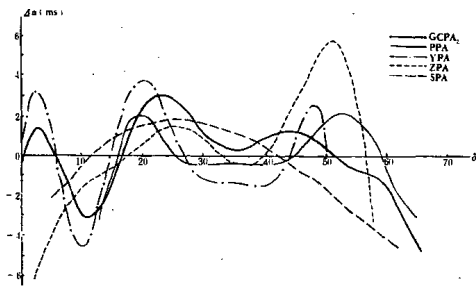


图 1 系统差 $\Delta\alpha_\delta$ (CAT-FK 5)

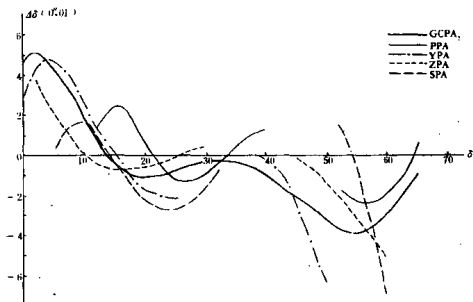


图2 系统差 $\Delta\delta$, (CAT-FK5)

四、赤经改正的综合

利用解析方法分析各光电等高初始星表的系统差,加权组成综合等高星表的平均系统。扣除各等高初始星表相对于平均系统的零点改正及系统偏离以后,将各等高初始星表的每颗星的星位改正 $\Delta\alpha$ 化到平均系统中去。然后不同等高初始星表的 $\Delta\alpha$ 加权平均得到综合等高星表星位改正 $\Delta\alpha$ 的综合值。

1. 等高初始星表相对于平均系统的零点改正值

在共同区间内取4个光电等高初始星表的 $\Delta\alpha_s$ 的加权平均,得到平均系统的 $\overline{\Delta\alpha_s}$ 。权重基本上按各初始等高星表观测的FK5星的星数取权。权重分配如下:北京3权,云南2权,上海和陕西各1.5权。计算各初始星表相对于平均系统的差值: $\overline{\Delta\alpha_s} - \Delta\alpha_s$,每隔赤纬 5° 给一值。计算共同区间内所有 $\overline{\Delta\alpha_s} - \Delta\alpha_s$ 的平均值,作为该初始星表相对于平均系统的零点改正值。

各等高初始星表相对于平均系统的零点改正值列于表2。

等高初始星表的零点改正 (m _s)			表2.
PPA	YPA	ZPA	SPA
0.2	-1.1	0.5	0.5

2. 赤经平均系统的组成

用解析方法计算4部光电等高初始星表的系统差,每个初始星表的系统差可用下式表示: