

未来 10 年天体测量的发展

金文敬 唐正宏 王叔和

(中国科学院上海天文台 上海 200030)

(中国科学院国家天文观测中心 北京 100012)

摘 要

首先回顾了依巴谷卫星的观测结果在天文学上的意义,同时指出其不足之处:极限星等仅为 12mag,自行精度不够高等。介绍了正在进行的各种地面上的暗星扩充计划,如 TAC、SDSS、UCAC-S、POSS 等,并对它们的预期目标、观测计划和目前进展情况作了详细描述。叙述了未来 10 年可能实施的几个空间天体测量计划,如欧洲空间局的 GAIA、美国喷气推进实验室的 SIM、德国的 DIVA、美国海军天文台的 FAME 和俄罗斯普尔科沃天文台的 STRUVE 等。重点论述了高精度、高分辨率的天体测量资料在天体物理学上的应用前景。

关键词 天体测量—星表—巡天

分类号: P12

1 引 言

天体测量学是一门以观测为主的学科,它的发展一直随着观测手段与观测技术的改进而得到极大的推动。特别是本世纪 50 年代以来,出现了多种新技术与新方法,如:为了减小大气湍流对观测的影响,在望远镜的设计中采用了自适应光学技术;干涉测量方法的应用则大大提高了望远镜的分辨率;望远镜的终端检测器采用了灵敏度高而噪声低的 CCD;此外观测仪器已实现自动化和远程操作。最令人鼓舞的是在 80 年代末发射的依巴谷天体测量卫星(Hipparcos)和哈勃空间望远镜(HST)的观测精度比地面提高了 1 个数量级以上,达到 mas 级,从而开辟了空间天体测量的新时代。

依巴谷星表^[1]和第谷星表是依巴谷卫星的主要观测结果。依巴谷星表给出 118218 颗星的基本天体测量参数——位置、自行和视差,其中对亮于 9mag 的星,它们的精度分别为 0.7mas、0.8mas·yr⁻¹和 1.0mas(相应历元为 J1991.25),有 20853 颗星的视差相对精度好于 10%,整个星表系统差小于 0.1mas,该星表还同时给出了测光结果,精度为 0.0015mag。

国家自然科学基金‘九五’重点项目(19833010) 中国科学院‘九五’重点项目(KJ951-1-304)

国家攀登项目《现代地球运动与地球动力学研究》

1998-07-23 收到

作为天体测量基本星表,依巴谷星表包括的星数最多、极限星等最暗、测量精度最高。1997 年在日本京都召开的 IAU 第 23 届大会给出了由 212 颗河外致密射电源构成的国际天球参考系 (ICRS)^[2], 并决定由依巴谷星表取代已沿用 10 多年的 FK5 星表, 成为 ICRS 在光学波段的实现。依巴谷星表的坐标轴方向与国际天球参考系坐标轴的符合好于 0.6mas ^[3], 其随时间的变化率小于 $\pm 0.25\text{mas}\cdot\text{yr}^{-1}$ 。

依巴谷卫星的观测资料在恒星物理、星系演化、宇宙距离尺度等许多天体物理研究上都给出新的研究结果, 并将推动理论的创新与发展^[4]。

众所周知, 造父变星和天琴 RR 型变星是测量宇宙距离尺度的主要手段, 依巴谷卫星观测了 11597 颗变星, 其中上述两类星分别为 273 颗和 186 颗, 这些观测资料对周光关系零点和天琴 RR 型变星的绝对星等都给出了新的结果^[5]。从依巴谷测光结果和视差得到 HR 图的范围也从 5pc 扩充到 100pc。这些资料对研究变星光度的激变机制和脉动理论以及恒星的演化都有很大的意义。

依巴谷卫星观测了 23882 例双星和聚星系统, 从视差和测光资料可以得到恒星的直径和质量这两个基本天体物理参数, 还可以发现不可见的伴星并进行引力透镜的检测。根据理论模型和恒星在 HR 图中的位置, 可知道恒星内部的金属含量, 并估计恒星的年龄, 从依巴谷观测资料推算出贫金属星团的距离比现在估计的要远 15%, 年龄在 3~4Gyr, 最老的星团年龄为 13Gyr^[6]。

280 个疏散星团中有 4000 多颗恒星已被依巴谷卫星观测, 靠近银河系的大小麦哲伦星云 (50pc~65kpc) 中分别有 370 颗和 90 颗星被观测^[7], 从这些星团和星系成员星的位置、距离和运动, 可以研究星团、星系及其晕的结构和演化过程, 特别是银河系的运动和结构。如在研究宇宙距离尺度时, 在重要的疏散星团——毕星团中 20pc 范围内已找到 13 颗成员星并给出其三维的结构图^[8]。

尽管依巴谷星表的精度很高, 但它仍存在着两个不足之处, 首先, 它的完备星等为 9mag, 暗于 9mag 的恒星仅不到 13000 颗, 所以它基本上只是亮星参考系, 需要向暗星扩充。其次, 由于依巴谷卫星在天空的运行时间仅 3 年多, 其自行精度尚不能达到令人满意的程度, 靠其本身难以长期维持其位置精度。针对上述两个缺陷, 加上各种需要, 依巴谷后的天体测量主要包括以下 3 方面的内容: 地面上目前正在进行的暗星扩充计划; 不少科研机构提出的在 21 世纪初发射第 2 个天体测量卫星, 把观测精度从毫角秒提高至亚毫角秒甚至微角秒; 应用依巴谷卫星观测资料研究天体测量和天体物理的课题, 如确定天体的主要物理参数 (质量、年龄和光度)、周光关系、哈勃常数的确定以及银河系的结构与演化研究。

2 地面上的暗星扩充计划

虽然依巴谷星表的星数是 FK5 星表的 20 倍左右, 但是, 无论从天文学研究本身和深空宇航探测导星的需要, 还是某些大样本观测研究计划输入星表的需要来看, 仅仅十多万颗星是远远不够的, 而且空间天体测量卫星的观测时间和望远镜大小都受到一定限制, 某些地面望远镜却可观测到更暗的星, 地面与空间两种观测方式可以互相补充。天体测量学的一个主要任务就是观测、编制庞大的暗星星表以满足上述需要。早在 1887 年, 第一届国际天文照相

会议就决定用照相方法编制全天的照相星表, 并曾组织全球 20 架同样型号的标准天体照相机进行了 22 个天区的观测, 共得到 22660 张底片即 AC 底片, 其平均观测历元为 1907.1。前几年, 美国海军天文台重新量度了这些底片, 并编制出 AC2000 星表(已归算至依巴谷星表系统), 它包括约 4621 000 颗星, 按星等统计, 11.9mag 的星数最多, 平均位置精度为 $0.20''$ 。以 AC2000 星表与第谷星表相结合, 得到 ACT 参考星表, 其自行精度为 $2.2\text{mas}\cdot\text{yr}^{-1}$, 该星表已于 1997 年 9 月发表^[9]。

USNO-A1.0 星表是利用 Palomar 天文台第一期巡天观测中的 O 和 E 底片($\delta \geq -30^\circ$)、英国科学研究委员会的 J 底片和欧洲南方天文台 R 底片资料($\delta \leq -35^\circ$) 归算得到的, 它以 ACRS 为参考星表, 并已转换至依巴谷星表系统, 称为 USNO-A2.0, 共包括 488 006 860 颗星, 各类底片的极限星等为: $m_O = 21\text{mag}$, $m_E = 20\text{mag}$, $m_J = 23\text{mag}$, $m_R = 22\text{mag}$, 该星表的坐标精度为 $0.25''$, 无自行数据, 测光精度 $0.25 \sim 0.40\text{mag}$, 它是目前观测星等最暗、包括星数最多的照相星表^[10]。现在正在进行的有下列暗星计划或暗星星表工作。

2.1 TAC(Twin Astrograph Catalogue) 星表^[11]

美国海军天文台双筒望远镜的观测波长为 $410 \sim 480\text{nm}$ 和 $508 \sim 578\text{nm}$, 即蓝黄两色, 其口径为 24cm , 焦距为 2.057m , 底片比例尺为 $100''/\text{mm}$, 底片尺寸为 $200\text{mm} \times 254\text{mm} \times 1.5\text{mm}$, 视场则为 $4.5^\circ \times 6.0^\circ$ 。它的观测时间为 1977~1985 年, 平均观测历元为 1982.5, 总共拍摄了 5180 张底片, 在编制星表时用到 4912 张底片。该星表包括 705679 颗星($\delta \geq -18^\circ$), 覆盖了观测天区的 90%, 极限星等为 12.0mag , 每平方度约 30 颗星, 在赤经和赤纬方向的平均精度为 86mas 和 91mas , 与常用的天体测量参考星表 PPM^[12] 和 ACRS^[13] 进行外部检验, 其外部精度为 110mas , 在与 AC 底片结合后, 得到的自行精度为 $2.5 \sim 4.0\text{mas}\cdot\text{yr}^{-1}$, 在归算至依巴谷参考系后, 位置精度可望好于 60mas , 在改进自行方面是除 AC2000、第谷星表外的第三个星表。该星表的位置与自行精度比 PPM 和 ACRS 要高 3 倍左右, 星数亦增加 3 倍。TAC 星表比第谷星表的密度略大(第谷星表每平方度 25 颗星), 且观测历元要提早 10yr。它将作为下节 Sloan 数字巡天(SDSS)计划的参考星表, 用 TAC 资料编制的黄道星表, 成为太阳系观测归算的主要参考星表^[14]。

2.2 SDSS 计划 (Sloan Digital Sky Survey)^[15]

这是 1987 年美国航空航天局(NASA)提出的 20 世纪末进行的光谱巡天计划, 同时开展天体测量工作。望远镜口径 2.5m , 接收器为 54 个 CCD 阵, 其中 30 个用于测光, 另外的 24 个用于天体测量, 观测以北银极为中心 60° 范围内的天空, 几乎是整个天空的 $1/4$, 计划测定 1 亿个星系和恒星的位置和绝对亮度, 并测出超过一百万个星系和类星体的距离。用于天体测量的 CCD 可观测至 $8 \sim 15\text{mag}$, 用于测光的 CCD 可观测 $14 \sim 22\text{mag}$, 共将得到 4 000 000 颗星的位置, 精度为 $50 \sim 100\text{mas} (< 18\text{mag})$ 。Sloan 数字巡天计划将使天文学家深入了解宇宙的大尺度结构, 并检验相关的宇宙演化理论。其仪器已研制完成并安装在美国新墨西哥州 Apache Point 天文台, 在 1998 年 5 月 9~10 日进行了第一次试观测, 并在 8 月或 9 月正式运行。

2.3 POSS 计划 (Palomar Observatory Sky Survey)^[16,17]

Palomar 天文台于 50 年代用 1.2m 施密特望远镜进行的巡天观测分为两期, 第一期观测在 1950~1958 年进行, 其中用 103A-O 底片(观测波长 $350 \sim 540\text{nm}$)的极限星等为 21mag , 用 103A-E 底片($620 \sim 670\text{nm}$)的极限星等为 20mag , 共观测了 970 个天区($\delta \geq -30^\circ$)。第二

期观测在 1987~1997 年进行, 共观测 894 个天区 ($\delta \geq 0^\circ$), 用了:

- (1) III A-J 底片 (波长 350~500nm), 极限星等为 22.5mag,
- (2) III A-F 底片 (波长 610~690nm), 极限星等为 20.8mag,
- (3) IV -N 底片 (波长 30~900nm), 极限星等为 19.5mag,
- (4) UJ 底片 (波长 385-540nm), 极限星等为 16.0mag.

第二期底片已在 1997 年底完成量度, 正在编制包括 5 亿颗恒星的星表, 极限星等为 22.5mag, 位置精度为 $0.15''$, 并归算至依巴谷参考系, 自行精度 $6\sim 7\text{mas}\cdot\text{yr}^{-1}$, 星表中还包括星等、颜色和恒星 (或星系) 证认等资料。在该星表完成后, 将是包括星数最多、星等最暗的照相星表, 但是位置和自行精度将逊于用 SDSS 观测资料编制的星表。

2.4 UCAC-S 计划 (US Naval Observatory CCD Astrograph Catalogue South)^[18,19]

美国海军天文台 (USNO) 的 8 英寸天体照相机在完成 TAC 星表的观测后, 开始了仪器的改装, 装置了 Kodak 1536 \times 1024 像素的 CCD, 并于 1997 年 11 月安放在智利 Cerro Tololo, 经过两年的全自动观测, 得到暗至 16mag 的南天星表, 称为 UCAC-S, 星等 7~16mag, 每平方度 350~6000 颗星, 位置精度 20~70mas, 精度与星等关系如下: 对于 6~14mag、15.5mag 和 16.5mag 星的位置精度分别为 20mas、30mas 和 70mas。视差精度为 10mas, 该星表可以用作望远镜校准、近地小行星预测以及大行星和小行星天体测量观测的理想参考星表, 也可以作为暗星自行的第一个历元位置, 这架仪器将与海军天文台位于 Flagstaff 的 8 英寸天体测量扫描子午环 (Flagstaff Astrometric Scanning Transit Telescope) 相配, 成为一对用 CCD 进行全天观测的仪器, 能进行高精度、暗至 18mag 的位置、自行、视差和测光观测。

2.5 GSC- II 星表^[20,21]

哈勃空间望远镜的导星星表为用 Palomar 第一期巡天底片编制的 GSC1.1^[22]。Bucciarelli 等人在 1994 年用底片分区处理法重新编制, 得到 GSC1.2^[23], 该星表包括 2 千万颗星, 极限星等为 16mag, 每平方度有 500 颗星, 赤经和赤纬方向的系统误差分别为 $0.5''$ 和 $0.2''$, 其 1995 年的位置精度分别为 $0.5''$ 和 $0.15''$, 该星表自行精度较差^[24], 约为 $12\text{mas}\cdot\text{yr}^{-1}$, 地面观测常用此星表给出视场证认图, 它也是编制依巴谷和第谷输入星表时的参考。目前正用包括现在底片 (即 POSS- II 观测、英澳天文台的第二期南天巡天观测) 编制有自行、星等和颜色的 2 亿颗暗至 18mag 的星表—GSC II。其自行精度好于 $4\text{mas}\cdot\text{yr}^{-1}$, 至 2000 年位置绝对精度好于 $0.5''$, 相对位置精度为 $0.15''$, 这本星表将作为 GAIA 的输入星表。该星表由意大利天文研究委员会 (CRA) 和美国空间研究所 (ST ScI) 合作进行, 预期 2003 年完成。

除上述五项计划外, 美国海军天文台新研制成功了 1.3m 天体测量望远镜, 它装有 7168 \times 9216 的 CCD, 视场达到 $1.5^\circ \times 1.5^\circ$, 可观测到 18mag 星, 定位精度 10~50mas, 能把依巴谷星表直接与河外射电参考架相联系^[25]。我国云南天文台配置 CCD 的子午环^[26]以及其他天文台的照相望远镜都在进行把依巴谷星表向暗星扩充以及与河外射电参考架相联系的工作, 同时补充南天的观测。

3 空间天体测量计划

由于地方性大气因素和仪器的引力弯曲的影响, 地面光学测量无法达到亚毫角秒的精

度, 因此各国的宇航局、空间研究中心和天文台纷纷提出在 21 世纪初实施的空间天体测量计划, 现介绍其中比较重要并可能实施的空间计划。

3.1 GAIA 计划

欧洲空间局在“2000 发展规划”中, 提出 21 世纪初发射第二颗空间天体测量卫星^[27], 即 GAIA 计划 (Global Astrometric Interferometer for Astrophysics)。它的光学原理如图 1 所示。它实际上是一个 Fizeau 干涉仪, 是由三面反射镜 ($M1$ 、 $M2$ 、 $M3$) 组成的双口径望远镜。图中 FPA 为焦平面, 该望远镜的两个口径为 0.55m , 基线长度为 2.45m 。整个干涉仪装在一个 4.4m 直径的圆球中。图 1 中 $F1$ 、 $F2$ 、 $F3$ 为控制镜面和焦平面的控制点, 同样的 3 个 Fizeau 干涉仪 (A、B、C) 放在一个圆柱形筒中, 两两之间构成 54° (A 与 B)、 78.5° (B 与 C) 和 132.5° (A 与 C) 的交角, 进行大角距的天体测量。

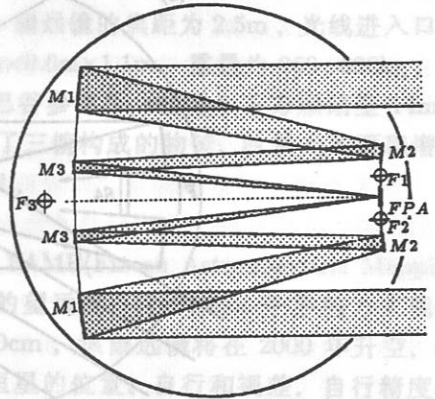


图 1 GAIA 中一个 Fizeau 干涉仪光路图^[27]

卫星的发射时间预定为 2009 年, 运行约 5yr, 预期可达到以下两个目标: (1) 对星等亮于 15.5mag 的 5 千万颗目标星 (包括依巴谷计划的 12 万颗星和第谷计划的 100 万颗星) 进行观测, 位置精度达到 0.01mas , 自行精度 $0.01\text{mas}\cdot\text{yr}^{-1}$, 即在 20kpc 距离上自行精度为 1km/s ; 视差为 0.01mas 即在 10kpc 距离上的视差相对精度为 10% 。(2) 得到多色多历元的光度资料。GAIA 测定天体测量参数的精度将达到 $10\mu\text{as}$, 故被认为是微角秒天体测量, 它可以观测 10kpc 范围内所有的超巨星、造父变星、RR 型变星、晕星及麦哲伦星云中的亮星。GAIA 的微角秒级观测精度使天体测量学上了一个台阶, 将促进天文学的发展, 并推动新理论的建立, 以解释恒星的形成、宇宙的起源和演化。

3.2 SIM(Space Interferometer Mission)^[28]

21 世纪 NASA 将启动起源计划 (Origin Program), 即用新的望远镜研究宇宙形成、星系和行星的起源并探索太阳系以外生命的存在。经过许多方案的选择, 美国喷气推进实验室 (JPL) 提出的空间干涉仪 SIM 成为 NASA 在“起源计划”中唯一得到投资的望远镜。SIM 的卫星高度为 950km , 周期 103min , 预期在 2005 年发射, 运行 5yr, 其 7 个望远镜排列在一条 10m 基线上 (见图 2), 在光学波段 ($0.4\sim 10\text{nm}$) 组成三个独立的干涉仪进行观测, 观测亮于 20mag 的恒星和星系。

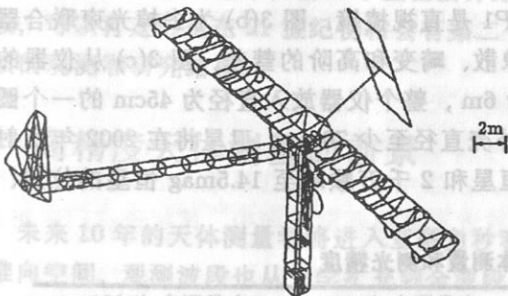


图 2 SIM 空间干涉仪示意图^[28]

在大角度测量时, 测量星对之间角度的精度可达 $4\mu\text{as}$, 而在小视场中测量位置的精度为 $1\mu\text{as}$, 对点源观测 1h 可至 25mag , 分辨率为 10mas , 比 HST 好 4 倍。可以观测 25kpc 范围内的各

种天体,并能用于太阳系外行星、宇宙距离尺度、黑洞和星际暗物质的检测等。

3.3 DIVA 计划

1996年德国 Bastian 等人提出了 DIVA (Deutsches Interferometer für Vielkanalphotometrie und Astrometrie) 计划^[29],其天体测量卫星的大小是 GAIA 的 1/10。

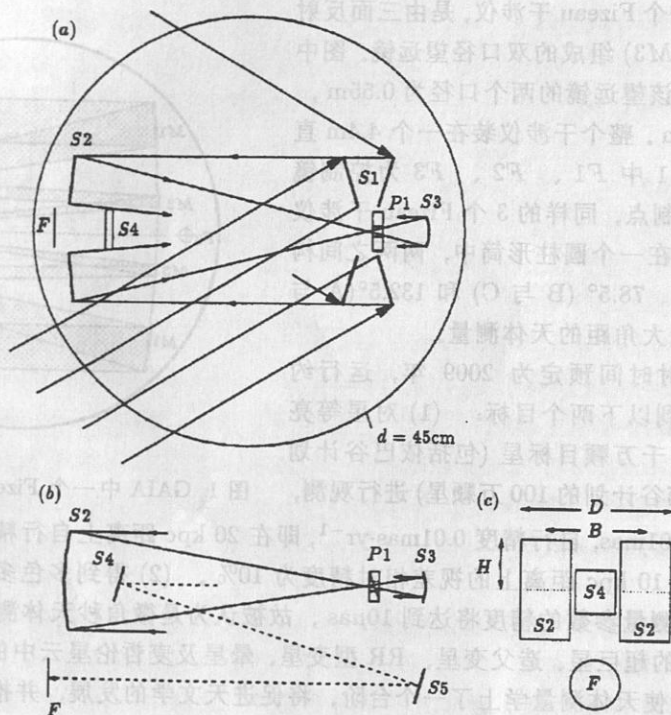


图 3 DIVA 干涉仪装置^[29]

图 3 中 (a) 为卫星的俯视图, S_1 为卫星中所用的联合光束干涉仪非球面镜 (面积为 5cm^2) 干涉仪, 基线长度为 10cm , 使两束分开至少 60° 的光通过 S_1 进入望远镜内。 S_2 、 S_3 分别为口径 15cm 的消球差望远镜的主镜和副镜。 P_1 是直视棱镜。图 3(b) 为去掉光束联合器的侧视图, S_4 和 S_5 是非球面的折叠镜以消除像散、畸变和高阶的彗差。图 3(c) 从仪器的末端来看, F 为焦平面, $H = 5\text{cm}$, 有效焦距为 6m , 整个仪器放入直径为 45cm 的一个圆球内, 为了使卫星收集足够的太阳能, 整个卫星外壳直径至少 70cm , 卫星将在 2002 年发射, 运行 15 个月, 其间测定暗至 10.5mag 的所有恒星和 2 千万颗暗至 14.5mag 恒星的位置、自行、视差和光度。观测可达到的精度见表 1。

表 1 DIVA 的天体测量和测光精度

恒星亮度 / mag	$\sigma_p, \sigma_\pi / \text{mas}$	$\sigma_\mu / (\text{mas} \cdot \text{yr}^{-1})$	宽带测光 / 0.001mag	窄带测光 / 0.001mag
8.5	0.3	0.7	0.7	3 ~ 10
10.5	0.8	1.9	2.0	12 ~ 22
12.5	2.4	5.8	6.0	30 ~ 70
14.5	11.0	25.0	24.0	70 ~ 200

对于亮于 9mag 的星而言, DIVA 测定位置和视差的精度比依巴谷卫星好 3 倍, 自行精度虽与依巴谷相当, 但仍有许多星的精度要好 10 倍。如果与依巴谷 1991.25 观测历元相比, DIVA 的观测结果对应 2002 年, 所以两者间隔 11yr, 这样可改进亮于 8.5 mag 的 10 万颗依巴谷星的自行达 $0.12 \text{ mas}\cdot\text{yr}^{-1}$, 提高精度约 10 倍, 达到亚毫角秒级的精度。

3.4 STRUVE 计划^[30]

1997 年 8 月在日本京都召开的第 23 届 IAU 大会上, 俄罗斯普尔科沃天文台提出了 STRUVE 计划。其仪器采用三块镜面拼合构成的物镜。望远镜的焦距为 2.5m, 光线进出口的大小为 610mm, 像面是平面, 整个仪器的大小为 $2.6\text{m}\times 0.6\text{m}\times 1.1\text{m}$, 重量为 250~300kg。卫星预计 2010 年发射, 运行 36 个月, 其目的为扩充依巴谷参考系, 观测 2 千万颗暗至 14mag 的恒星, 改进依巴谷星的自行至 $0.1\text{mas}\cdot\text{yr}^{-1}$, 由于用了三镜构成的物镜, 收集光的面积增加了两倍, 因此可以观测至 19.5mag, 其预期精度见表 2。

3.5 FAME 计划

美国海军天文台 1995 年 6 月向美国宇航局提出 FAME(Fizeau Astronometric Mapping Explorer) 计划^[31], 其主要内容是研制一架双口径的望远镜, 以 Fizeau 干涉的方式观测两个方向成 80° 夹角的视场内的星, 基线的长度为 50cm, 该望远镜将在 2000 年升空, 运行 2.5yr, 该卫星能观测 2.5 kpc 距离内亮于 15mag 恒星的位置、自行和视差。自行精度为 $0.02\sim 0.80\text{mas}\cdot\text{yr}^{-1}$, 视差精度为 $0.02\sim 0.80\text{mas}$, 预期各星等的位置精度见表 2。该计划虽未能通过第二轮课题论证, 然而海军天文台仍在进行各种努力, 争取计划的实现。

表 2 STRUVE 计划和 FAME 计划的定位精度

STRUVE 计划		FAME 计划	
恒星亮度 /mag	σ_p/mas	恒星亮度 /mag	σ_p/mas
8.0	0.1	8.0	0.02
10.0	0.1	9.0	0.05
12.0	0.3	15.0	0.80
14.0	0.7		
16.0	1.8		
18.0	6.8		

上述几个空间计划中, 前三个正在按计划进行, 而 STRUVE 和 FAME 尚处于争取经费阶段, 可以肯定的是在 21 世纪初将会有第二个天体测量卫星上天, 在 2010 年左右就会带来丰硕的观测和研究结果。

4 高精度天体测量的前景

未来 10 年的天体测量学将进入亚毫角秒和微角秒的时代, 其观测手段日益多样化, 从地面推向空间, 观测波段也从光学扩充到全波段, 然而, 地面观测资料(接收器为 CCD)在暗天体和特殊天体的观测研究中仍将起作用。

4.1 天体物理研究需要高精度天体测量

高精度的天体测量已把观测的样本从 5pc(FK5 对应的范围)扩大至 100 pc(依巴谷卫星观测范围)以至 25000 pc(SIM 的观测范围), 这些高精度、大样本观测资料将把相关的天体

物理研究推上一个新台阶,特别是将在恒星物理和星系物理研究中作出重要贡献。

为研究恒星的演化,需要天体测量观测在不同演化过程中各种类型的恒星,从主序前星 Herbig Ae/Be, 光谱型 A、B 的早型星至 M 型的晚型星;还要观测化学成分相异的富金属和贫金属星,以研究不同阶段恒星物质成分的转化和能源产生的机理;不同类型的变星也是天体测量的观测对象,依巴谷卫星观测到 11597 颗变星,其中有造父变星与天琴 RR 变星,还有刍藁型 (Mira Ceti) 变星和盾牌座 δ 型变星等^[32],从变星的周期和光变幅度的大小研究恒星内部的活动过程与激发机制。研究特殊性质的恒星的物理和演化,要求天体测量观测双星和聚星系统,研究这些系统中质量的交流、不可见伴星的发现以及质光关系等,此外,天体测量所提供的天体位置、自行与视差也直接或间接提供了恒星的主要物理参数,如质量、绝对星等和角直径等。

星系物理特别是银河系的研究同样需要高精度天体测量资料,用 0.5~30 kpc 内 2000 颗 O~B5 星、巨星和旋转型亮巨星的地面观测资料,或 1352 颗 O~B5 星的依巴谷观测资料都发现银河系的晕绕太阳和银心联线的轴以 $(3.8 \pm 1.1) \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kpc}^{-1}$ 的速率旋转,晕与银盘面倾斜约 13° 左右^[33,34],银盘的旋转速度为 $(268.7 \pm 1.19) \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ (IAU 的建议值为 $(220 \pm 20) \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$),银河系的边缘在 50~100 kpc,总质量为 $5.5 \times 10^{11} M_\odot \sim 1.1 \times 10^{12} M_\odot$,其次,星团的研究方面,依巴谷卫星观测了 4 个最近的疏散星团:大熊星团、毕星团、后发星团和昴星团,由此可以知道其距离结构和内部力学过程。另外从天琴座 RR 变星和造父变星的观测资料可给出大麦哲伦云的距离模数。随着观测能力的提高,天体测量将能提供更远的星系团的动力学和物理参数,用以深入研究星系团的结构与演化^[35]。

4.2 天体测量的发展前景

天文学中各分支学科的相互交叉、渗透和结合推动了天体测量学的发展,用天体测量资料不仅可以确定天体的主要物理参数和一些重要天体物理量,而且使星团、星系特别是银河系的结构与演化亦成为天体测量学的研究内容,上面所涉及的地面的、空间的计划以及天体测量资料的应用等,都有大量的工作摆在天体测量工作者面前。过去我国的天体测量工作在基础研究和应用方面都取得了较大的成就,得到了国际同行的称赞(如在 1979 年 IAU 大会上第 19 组主席 Paquet 和 Yokoyama 博士就提到中国在 MERIT 联测和 BIH 中的作用^[36]),在新的形势面前,我们仍应有所作为。

由王绶琯与苏定强院士提出的 LAMOST 工程^[37]已经列为我国天文学基础研究的科学工程之一,它的预期目标为:3 年内完成 19.7 mag 星的光谱巡天观测,5 年完成 20.7 mag 星的光谱巡天,从而可以得到 100~6000 Mpc 距离内天体的光谱信息。在这个重大的科学工程中,有很多方面是与天体测量工作分不开的,如望远镜光学畸变的测定与改正、观测用的导星星表与输入星表以及具体观测方式的安排等。在当今时代,抓住机遇,把天体测量学中前沿课题列入我国第 10 个五年计划的科学工程或重点基础研究方向中,就能使这门学科继续发挥作用,并在国际合作中作出显著的贡献。

参 考 文 献

- 1 Perryman M A C *et al.* *Astron. Astrophys.*, 1997, 323: L49
- 2 Ma C, Feissel M. *IERS Technical Note*, 1997, 23: 1
- 3 Kovalevsky J *et al.* *Astron. Astrophys.*, 1997, 323: 620
- 4 Kovalevsky J, Turon C. *Adv. Space Rev.*, 1994, 11(2): 5
- 5 Tsujimoto T, Miyamoto M. *Ap. J.*, 1997, 483: 228
- 6 Reid N. In: Fukushima T ed. *Abstract Book of Kyoto IAU 23*. Dordrecht: Kluwer, 1997: 64
- 7 Argue A N. In: Perryman M A C *et al.* eds. *The Hipparcos Mission*, ESA SP-1111, 1989, Vol.2: 199
- 8 Brown A G A, Perryman A A. In: Fukushima T ed. *Abstract Book of Kyoto IAU 23*. Dordrecht: Kluwer, 1997: 65
- 9 Urban S E *et al.* *A. J.*, 1998, 115: 2161
- 10 Monet D. *Bull. Am. Astron. Soc.*, 1996, 28: 905, 1997 on CD-ROM (USNO-A1.0)
- 11 Naharias N *et al.* *A. J.*, 1996, 112(5): 2336, 1997 on CD-ROM (TAC)
- 12 Roser S, Bastian U. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 1988, 74: 449
- 13 Corbin T E, Urban S E. *Astrographic Catalogue Reference Stars*, Doc. No. NSSDC/WDC-A-R&S 91-10, 1991
- 14 Dougless G G, Harrington R S. *A. J.*, 1990, 100: 1712
- 15 Kent S M. *Ap. J. Suppl. Ser.*, 1994, 217: 27
- 16 Corbin T E. The optical reference frame, presented to IERS Workshop 96 held at Paris, October 1996
- 17 Bucciarelli B *et al.* In: Fukushima T ed. *Abstract Book of Kyoto IAU 23*. Dordrecht: Kluwer, 1997: 67
- 18 Zacharias N. *A. J.*, 1997, 113(5): 1925
- 19 Zacharias N *et al.* In: Fukushima T ed. *Abstract Book of Kyoto IAU 23*. Dordrecht: Kluwer, 1997: 39
- 20 Lattanzi M G, Lasker B M. In: Richer G M, Fritze K eds. *IAU Working Group on Wide-Field Imaging*, Newsletter, 1996, (8): 18
- 21 Lasker B M *et al.* In: Perryman M A C ed. *ESA, SP-379*, Cambridge: ESA Publications Division, ESTEC, 1995: 137
- 22 Lasker B M *et al.* *A. J.*, 1990, 99:2019(GSC1.0), 1992, on CD-ROM(GSC1.2)
- 23 Bucciarelli B *et al.* In: Woerden H V ed. *Astronomy Poster Abstracts IAU 22*, Sliedrecht, The Netherlands: Twin Press, 1994: 120
- 24 Van Altena W F. In: Hog E, Seidelmann P K eds. *Astronomical and astrophysical objectives of sub-milliarcsecond optical astrometry*, Hague, The Netherlands, 1994, Dordrecht: Kluwer, 1995: 43
- 25 Johnston K J, Foster K W. *Bull. Am. Astron. Soc.*, 1996, 28(1): 682
- 26 冒 蔚. *云南天文台台刊*, 1997(增刊): 1
- 27 Lindergren L *et al.* In: Perryman M A C ed. *ESA, SP-379*, Cambridge: ESA Publications Division, ESTEC, 1995: 23
- 28 Burke B F *et al.* *TOPS: Toward Other Planetary System*, A report by solar system exploration division NASA, 49
- 29 Bastian U *et al.* *Astron. Nachr.*, 1996, 317(4):281
- 30 Iiin A E *et al.* In: Fukushima T ed. *Abstract Book of Kyoto IAU 23*. Dordrecht: Kluwer, 1997: 74
- 31 Seidelmann P K. In: Perryman M A C eds. *ESA, SP-379*, Cambridge: ESA Publications Division, ESTEC, 1995: 187
- 32 Robert F W, In: Fukushima T ed. *Abstract Book of Kyoto IAU 23*. Dordrecht: Kluwer 1997: 70
- 33 Miyamoto M *et al.* *A. J.*, 1993, 105(6): 2138
- 34 Miyamoto M *et al.* *A. J.*, 1998, 115: 1483
- 35 Tucholke H J, Brosche P. *Publ. Astron. Soc. Pac.*, 1995, 104: 77
- 36 Paquet P. In: Wayman P A ed. *Transaction of the IAU*, Vol. 1, 18A Reports on Astronomy, 1982: 181
- 37 苏定强, 王绶琯. *天文学报*, 1993, 34(3): 296

Development of Astrometry in the Next Decade

Jin Wenjing Tang Zhenghong Wang Shuhe

(Shanghai Astronomical Observatory, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030)

(National Astronomical Observatories, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012)

Abstract

In this paper, the important influence of the observations of Hipparcos Satellite on Astronomy is described, meanwhile its short disadvantages are also pointed out: limited magnitude is only 12 mag and the accuracy of proper motions are not high enough. In the second part of this paper, the predictive objectives, observational arrangement and current progress of various ground based observational plans for expanding to faint stars, such as TAC, SDSS, UCAC-S, POSS, are introduced. In the third section, some space astrometric projects, which will probably be carried on in the next decade, such as GAIA of ESA, SIM of US JPL, DIVA of Germany, FAME of US Naval Observatory and STRUVE of Pulkovo, Russia are described. In the last section, the applications of sub-milliarcsecond astrometric data on astrophysics are mentioned.

Key words astrometry—catalogs—surveys