

自然科学基金

编者按：国家自然科学基金会根据学科的发展和科研项目对国防建设和国民经济发展的作用，将其分为重大、重点和面上项目三大类，资助力度也有不同。每隔五年基金会分别邀请各学科的专家、学者评述各学科及其分支学科的优先发展领域，以供基金会确定天文学优先发展领域和评选资助该学科的重大和重点项目时参考。并每年依此颁发项目的申请指南，评选基金会资助的面上项目。本文作者按基金会数理学部天文处的要求撰写此文，现发表，以期对读者申请基金会资助和确定研究选题有所裨益。

“十五”期间天体测量优先发展领域

金文敬^{1,3} 李东明^{2,3} 黄乘利^{1,3} 唐正宏^{1,3}

(1. 中国科学院上海天文台 上海 200030)

(2. 中国科学院紫金山天文台 南京 210008)

(3. 中国科学院国家天文观测中心 北京 100012)

摘 要

阐明了现代天体测量学科的发展趋势和前沿课题。回顾了在国家自然科学基金委员会的支持下“八五”、“九五”期间我国天体测量学的发展和取得的成果，并对国家自然科学基金委员会在“十五”期间继续支持我国天体测量优先发展领域和前沿课题提出了若干建议。

关键词 天体测量 — 国家自然科学基金 — 前沿课题

分类号 P12

随着空间天体测量卫星的发射、空间技术(如 VLBI、SLR、GPS 等)的应用、以及 CCD 终端设备的使用，20 世纪 90 年代天体测量的观测精度已达到毫角秒量级，21 世纪将是观测精度进入微角秒的时代。与观测精度相匹配的理论研究也有进一步的发展，如广义相对论在天体力学、天体测量和时间计量上的应用；新的章动模型；大气角动量、海洋角动量、海洋潮汐角动量、地核角动量的理论等方面均有所建树。新的数据处理方法(如小波分析法、观测星表的全球整体平差法等)在观测资料归算和研究中的运用也大大提高了天体测量的数据处理能力。以上三方面的工作使天体测量在 20 世纪 90 年代取得了显著的成果，也为 21 世纪天体测量工作的进一步发展打下了良好的基础。

1 发展趋势和前沿课题

1.1 基本天体测量

20 世纪 90 年代基本天体测量的重要贡献是: (1) 国际天球参考系的采用; 它是由 VLBI 观测河外射电源实现的; (2) 依巴谷星表的发表; 它是国际天球参考系在光学波段的实现, 是目前包括星数最多、精度最高的光学星表, 是比 FK5 更精确、密度更高更均匀的参考架。

国际上的前沿课题是:

(1) 第二颗天体测量卫星的发射

尽管依巴谷星表是当前最好的星表, 由于观测时间仅持续 30 个月, 与亮星的位置精度相比, 其自行、视差和暗于 9mag 恒星的位置精度还不能令人满意, 因此各国航天局和天文研究所积极准备在 21 世纪初发射第二颗天体测量卫星(如 GAIA、FAME、SIM 等), 以期达到微角秒量级的观测精度, 并观测暗至 15mag 甚至 20mag 的恒星和星系。

(2) 依巴谷星表向暗星的扩充

依巴谷星表的最暗星等是 12.4mag。因此向暗星扩充是后依巴谷的主要工作。地面子午环和天体照相望远镜在配置 CCD 后, 已能观测至 17.5mag。现在已开展这方面工作的有美国海军天文台的 UCAC-S 和 SDSS 计划, 英国、西班牙和丹麦在 La Palma 的 CMC 星表, 乌克兰尼古拉耶夫天文台的 AMC 星表等。此外还开展了: 对射电星和射电源光学位置的精确测定, 以改进和监测射电和光学参考架之间的联系; 依巴谷星自行的改进, 特别是疏散星团、球状星团、天琴 RR 型变星的高精度自行以及某些选定恒星的高精度的三角视差的测定; 黄道带附近天区的暗天体的高精度位置和自行的确定, 为近地小行星的搜索和精密定轨提供高密度的参考架, 以监测近地小行星与地球可能发生的灾难性的碰撞; 对太阳系外行星和卫星的观测, 为人类再次登上月球、行星和发射探测自然卫星的飞船作准备。

(3) 射电参考架的加密和稳定性的研究

用 VLBI 观测推算的射电参考架, 仅包括 608 颗射电源, 正在不断观测新的射电源使射电参考架加密, 现在已增加了 59 颗新的射电源。观测 100 次源位置的精度为 ± 0.25 mas, 参考架的指向精度为 ± 0.02 mas, 已监测到射电参考架每年 $10\mu\text{as}$ 的旋转 (FK5 为 $\pm 0.7\text{mas}\cdot\text{yr}^{-1}$), 这是源结构(如超光速源)的变化和银河系物质的引力透镜效应而引起的。

(4) 利用依巴谷星表和其他天体测量资料研究银河系结构和运动

天体测量的资料是研究银河系结构和演化、以及研究银河系动力学的重要观测基础。目前利用其已得到银河系晕的位置和运动以及银河系的旋转速率、大小及质量等结果。并用天琴座 RR 变星和造父变星的绝对星等推算了宇宙距离的尺度以及疏散星团的结构和运动。

现在地面天体测量的观测已从光学波段扩充到射电和红外波段。USNO 已编制精度为 $0.2''$ 的红外星表。在恒星和星系的多波段观测中, 像中心一致性的研究有利于研究恒星的辐射机制和演化过程。

1.2 天文地球动力学

20 世纪 90 年代 IERS 用新技术综合测定世界时和极位置的精度分别为 $\pm 0.02\text{ms}$ 和 0.3 mas, 台站坐标精度为 $2\sim 3$ mm, 台站位移速度的监测精度优于 1mm/yr 。卫星定轨采用地球引力场的模型(如 JGM-3, EGM96 等)后的径向误差为 $2\sim 3$ cm。重要发现和成果有:

(1) 用 GPS 和 VLBI 的连续观测已检测到地球自转和极移中的周日和半日项; (2) 用 SLR 已

检测到地心相对于质心运动的周年和半年项；(3)从 TOPEX/POSEIDON 卫星测高资料得到更精确的海潮图(如 CSR 3.0、FES95.2 等)，替代了沿用 20 多年的史瓦希特海潮图，监测了全球的洋流和赤道附近的海平面变化。

国际上的前沿课题有：

(1) 地球自转中的地球物理因素

20 世纪 80 年代初人们发现了大气角动量与地球自转周年变化的关系，90 年代初又发现了由海洋潮汐角动量的变化引起的地球自转的周日和半日变化，最近又发现地球自转的十年尺度变化与核角动量变化的相应关系。因此 1998 年 1 月国际地球自转服务(IERS)中设立了监测全球地球物理因素的分局，其中有大气、海洋、水文、海洋潮汐、地幔、地核和重力(包括地心变化)7 个小组，以研究各种地球物理因素(如大气流、海洋环流、核流等)与地球自转及其变化的关系。有关对地球内部深处物理的广泛而深入的研究已开展多年(如 SEDI 计划)。地面和星载 GPS 的观测结果已用于大气和电离层的研究，形成了一个新的研究领域 GPS 气象学。

(2) 地区性的地壳形变监测

其主要手段是用 GPS 测定板块边缘、几个板块交叉地区的地壳形变，其监测地点或有关工作有美国西部圣安德烈斯断层；印度尼西亚的苏门答腊断层(由澳大利亚板块插入欧亚板块引起)；中亚的帕米尔和塔里木、天山地区进行的 CATS(Central Asian Tectonic Sciences)计划；我国西藏地区(包括喜马拉雅山的形成研究课题)；中欧(非洲、欧亚板块的交会地)地区地球动力学计划(CERGOP, Center Europe Regional Geodynamic Project)；亚太空间地球动力学(APSG)；以及在日本中部伊豆半岛的东北部(处于菲律宾板块的北边缘，是地震的活动地区，有 900 台 GPS 在监测该地区的地壳形变)。有的地区(如日本中部的静冈的 Kusanagi 地下水观测站)除了用 GPS 外，还用井下应变仪、地震仪同时监测地震发生时的应力、地壳形变和地下水的变化。

(3) 地球重力场变化的研究

地球重力场的变化表征着地球物质(包括大气、地面水、海水、地幔物质)的迁移。由 Crossley 负责、正在进行的地球动力学计划(GGP, Global Geodynamics Project)的主要目的就是利用地面的重力仪和超导重力仪(精度为微伽)测定全球重力场的变化。将在 2001 年发射的 GRACE 卫星也主要用于此目的，从重力场总的变化中扣除已知运动规律的因素(如大气、海洋的运动)后，则可了解比较复杂的地球物理因素(如地面水积储和蒸发的过程等)的影响，并可用地球重力场的变化解释地心的运动等。

(4) 地面参考架的加密和台站运动测量精度的提高

参与用 VLBI, SLR, GPS 等观测确定地面参考架 ITRF 的台站每年都有增加(ITRF98 包括 325 个台站)。对于 GPS 而言，台站运动的垂直速度分量的测定误差为 $\pm 1.0\text{mm/yr}$ ，水平分量的误差为 $\pm 0.5\text{mm/yr}$ 。并试图从大气模型的研究着手提高垂直分量的测定精度。

(5) 新的章动理论研究

Dehant 领导的 IAU/IUGG 联合章动工作组对与基本天体测量和天文地球动力学密切相关的地球章动模型研究取得了较大进展。其中包括：微角秒量级的刚体地球章动理论；在计算刚体地球至非刚体地球的转换函数时，尽量考虑各种已知的地球物理因素的影响(如海洋和大气的贡献、核幔和内核边界电磁耦合、地球内部非流体静平衡态等)和利用天文观测结果，

使之理论上更完善、与实测更符合。已建立了一个半解析的地球物理章动模型 (MHB2000), 并将其提交 IAU 第 24 届大会讨论。

1.3 精密守时和时间服务

这是与国民经济和国防建设密切相关的课题。几乎每个国家都有守时和时间服务单位, 如美国的 USNO、俄罗斯的 VS NIIFTRI (East-Siberian Research Institute for Physics Technical and Radio Engineering Measurement) 等。全球性的时间机构设立在法国的 BIPM。

20 世纪 90 年代该前沿的重要进展是: (1) 全球卫星双向时间比对 (TWSTT) 网络的建立, 国际间远距离时间比对精度达 $0.1\sim 0.2$ ns, 频率比对精度为 10^{-15} 量级; (2) 脉冲星的提出, 并观测 PSR B1237+21、B1821-24、B1855+09 等毫秒脉冲星, 得到脉冲星的稳定度为 10^{-19} 。

该方面的前沿课题有:

(1) 新型原子频标的研究

正在美国标准局、哈佛大学原子钟实验室和 USNO 进行激光抽运铯频标、铯原子喷泉频标等的研究, 后者已取得很大的进展。

(2) 毫秒脉冲星定时

1994 年在 “Millisecond pulsars: A decade of surprise” 会议上专门讨论了脉冲星定时, 现在 Green Bank 的毫秒脉冲星定时计划, 用 43m 射电望远镜对 6 颗脉冲星进行日常观测, 此外还有 Arecibo 305m 天线和法国 Nancay 用接收面积为 7000 m^2 的天线阵 (相应于 93m 天线) 进行类似观测, 得到周期的不稳定性为 ± 0.05 fs, 周期变化率为 2×10^{-19} , 频率长期稳定度为 10^{-14} 。随着脉冲星的观测和研究, 毫秒脉冲星定时的研究也将进一步深入。

(3) 精确的时间同步方法

20 世纪 90 年代用 GPS 的共视法进行时间同步, 目前国际远距离传递比对也由测距方法扩展到载波相位干涉测量方法, 全球卫星双向时间比对 (TWSTT) 网络正在完成连接, 其比对精度可达 $0.1\sim 0.2$ ns, 频率比对精度达 10^{-15} 量级。

(4) 广义相对论在计量工作中的应用

在天体力学和天体测量的相应归算 (如 VLBI、SLR 时延的计算) 中都考虑了广义相对论的影响, 但是在高精度时间比对中, 缺少这方面的研究。在 IAU 23 届大会上第 31(时间) 专业委员会设立以 Petit 负责的广义相对论在计量工作中的应用工作组, 所得到的研究结果在 IAU Colloquium 180 上作了报告。

2 国内现状及“八五”、“九五”期间的重大、重点项目

天体测量是注重实测的学科, 而实测是天文学各分支学科发展的基础。20 世纪 80 年代前我国的天体测量工作主要是以世界时的测定和服务为主, 相应开展星表观测、编制和围绕提高测时精度的一些研究, 如地球自转的周期分析、我国综合时号改正数归算方法的改进等, 同时着手研制时纬仪器, 如光电等高仪、照相天顶筒等, 也开始酝酿研制子午环。80 年代后, 我国天文地球动力学的观测仪器 (如 SLR、VLBI 等) 有了很大的发展, 建立了上海和乌鲁木齐的 25 m VLBI 系统, 1999 年 11 月又建成了 VLBI 流动站; 建立了上海、武汉、长春、北京、昆明的激光测距网; 90 年代中组成了上海、长春、乌鲁木齐等 22 个台站的 GPS 网, 个

别台站还配置 DORIS 和 PRARE 接收机。为了开展基本天体测量的实测工作, 80 年代研制的 1.5 m 天体测量望远镜已投入工作, 并配置了 1024×1024 CCD。90 年代曾研制 III 型光电等高仪、地平子午环、低纬度子午环, 现在仅低纬度子午环仍在进行观测。“八五”、“九五”期间国家自然科学基金会对天体测量和天文地球动力学的理论研究给予了很大支持, 取得了一些重大成果。

2.1 基本天体测量

(1) 射电参考架的建立与维持

1991 年 IAU 21 届大会决定今后天球参考系采用一组由河外射电源位置定义的射电参考系。上海天文台的 VLBI 观测曾参加过美国宇航局的地壳动力学计划, 90 年代又参加固体地球研究计划, 观测了用于测地的河外射电源, 尽管每月仅观测 1~2 次, 但是在建立国际天球参考架中起了作用。在射电源星表的编制上通常采用小角旋转法, 国外曾提出了弧长法编制星表的原理, 我国的研究在数学方法上给予了实现, 其参考架轴的指向稳定性好于 0.01 mas。继而乌克兰基辅天文台也给出了用此方法得到的结果。

(2) 光学参考架与射电参考架之间的联系

FK5 在天文、大地测量上已使用了十多年, 为了把过去基于 FK5 的观测归算至射电参考架, 并把基于依巴谷的观测结果归算至射电参考架, 因此必须确定光学与射电参考架之间的联系。根据国内的情况, 我们用 II 型光电等高仪、40 cm 天体照相望远镜进行了射电星的光学定位, 总共观测了约 200 颗。我们还用佘山 1.56 m 和云台 1m 望远镜观测河外射电源的光学对应体 (18 mag 左右)、北台 90cm 施密特望远镜对部分类星体巡天的观测推算了 75 颗射电源的光学位置。由于射电源亮度很暗需要采用二级参考星, 为此与乌克兰尼古拉耶夫天文台合作进行了研究, 结果正在处理之中。通过 FK5 与依巴谷星表的 1535 颗基本星的比较, 推算了它们之间的转换参数和星表误差对地球自转参数的影响, 结果在全国大地测量天文点的平差中使用, 为今后编制 LAMOST 输入星表和建立几个标准天区打下了良好基础。

(3) 依巴谷星表和天体测量资料研究银河系结构和运动

用依巴谷星表和天体测量资料推算晕的位置, 它与银盘面倾斜 13° , 并以 $(3.8 \pm 1.1) \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kpc}^{-1}$ 的角速率绕太阳和银心连线旋转。银盘的旋转速度为 $(268.7 \pm 1.19) \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ (IAU 建议值为 $(220 \pm 20) \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$), 银河系的边缘在距太阳系 50~100 kpc 处, 总质量为 $5.5 \times 10^{11} M_\odot \sim 1.1 \times 10^{12} M_\odot$ 。另外, 还发现在太阳附近和沿银河系旋臂的垂直方向存在收缩运动。

(4) 太阳系天体参数的研究

用激光测月和行星雷达测距的结果, 研究月球的自由天平动、引力位和内核的成分等。通过类地行星结构模型比较得出火星的平均惯量矩系数和核的大小。大行星和卫星的精确定位 (如土卫六 Titan 的定位观测) 为发射探索这些行星和卫星的飞船提供数据。

(5) 广义相对论在天体测量中的应用

明确给出了广义相对论框架下天球参考系、参考架、坐标系的定义, 并对这些概念作了全面阐述。在论证长度的天文单位时, 指出在广义相对论框架下长度和时间的天文单位都是本征单位, 它们应与坐标系的选择无关。

总之, 我国基本天体测量在个别课题上虽然取得了一些成绩, 但与国际上已做出一流工作的 USNO、普尔科沃等天文台的差距仍较大, 特别是长期的实测工作已难以维持, 而天体测量是注重实测的学科, 在开展理论研究的同时, 应进一步加强实测工作。

2.2 天文地球动力学

20 世纪 80 年代起我国天文地球动力学有很大发展, 从仪器的研制到观测研究工作, 都取得了不少引人注目的成果。

(1) 板块运动和地壳形变的测定

我国的 VLBI、SLR、GPS 参加美国宇航局的 CDP、DOSE 计划的观测, SLR 又参加西太平洋激光测距网的观测。1988 年开始参加了国际地球自转服务的国际合作, 1999 年又参加了 IGS、IVS、ILRS 等组织。1996 年上海天文台主持了亚太地区空间地球动力学计划, 每年组织亚太地区的 VLBI、SLR、GPS 的联测, 这些联测主要研究亚太地区的板块运动和地壳形变, 从全国 22 个 GPS 台站进行的 3 次联测得到这些台站的水平位移速率, 特别是青藏高原的地壳运动情况, 该处南北方向缩短和东西方向伸长, 这是印度板块向欧亚板块俯冲的结果。为了监测和研究我国的地壳运动, 由国家地震局、国家测绘局、总参测绘局和中国科学院联合组建了以 GPS 为主, VLBI、SLR 为辅的“中国地壳运动观测网络”。整个网络包括 25 个基准站和密布全国的 1000 多个区域性观测站。该网络已于 1998 年开始日常的连续观测。我国的各研究单位(如国家测绘局、成都地质和矿业学院、地震局)都与国外合作研究我国天山、西藏等地区的地壳形变及与地震发生的关系。另外上海天文台是多种技术的并置台站, 已精确测定了其地心坐标和运动速度, 精度分别为 3 mm 和好于 1 mm/yr。是我国大地测量的零级基准点。

(2) 地球自转中的大气和海洋的因素

研究在年际、季节和天以下尺度上大气和海洋角动量、以及地球水储量的变化与地球自转的关系; 用 1899~1990 年依巴谷参考架下的极移序列研究极移的周年项与大气的关系、以及钱德勒项的激发机制; 也讨论 ENSO 与日长年际变化的关系; 从 ICE-4G 冰期后地壳反弹模型讨论地壳反弹对地球长期漂移和地球自转非潮汐变化的影响。“九五”期间开展了 GPS 气象学工作, 如建立了上海地区 GPS 综合网、对星载 GPS 低轨卫星(LEO)的轨道设计和掩星方案作了研究, 以实时连续地监测该地区大气可降水汽量。

(3) 新章动模型的建立

首次给出了在二阶扁率近似下、包括海洋和大气的非刚体地球的章动模型和完整序列(HJL2000); 讨论了地球内部各层较差转动的章动效应; 从理论和 VLBI 资料对自由核章动及其变化作了讨论。

(4) 全球和近海海平面变化的研究

由 T/P 测高仪的 3yr 的观测资料推算全球海平面上升速率为 1.0 ± 0.7 mm/yr, 上海邻近海平面上升速度为 2.1 mm/yr, 这与用该地区 30 yr 验潮站资料计算的结果相符。利用 Topex 海洋测高数据监测了 1997 年 El Nino 期间太平洋赤道附近的海面高度变化。

(5) 地球重力场和地心运动的研究

利用 SLR 全球观测资料解算了地心运动; 讨论了地球滞弹性对地球重力场低阶系数的影响。

2.3 精密守时和时间同步

(1) 新型原子钟的研制

工程型原子钟已投入应用, 精确度为 5×10^{-13} ; 稳定度为 3×10^{-15} ; 正开展原子喷泉的原子钟的研究。

(2) 高精度的时间同步和时间服务

中日的卫星双向时间比对 (TWSTT) 已投入应用, 中欧网络连接正在进行。研制成功了电话及计算机网络授时系统及双星快速定位系统导航定位的授时系统。

(3) 脉冲星定时的研究

脉冲时的定义、计时的模型和算法、星际介质对空间传播的修正以及与原子时的关系等理论研究正在进行。

此外, 原子钟噪声模型和算法, 使陕西天文台参加国际度量衡局 (BIPM) 国际原子时的 5 台铯钟取得满权, 达到国际先进水平。

3 “十五”期间天体测量的优先发展领域

基于天体测量学科的发展、国内的研究基础和 20 世纪 90 年代国家自然科学基金委员会资助的重大和重点项目取得的成果, “十五”期间天体测量优先发展领域建议应包括:

3.1 暗天体参考架的建立和应用的研究

21 世纪初第二个天体测量卫星将发射, 尽管我国航天事业已进入国际先进水平, 但是发射天体测量卫星还未能列入计划。应发挥地面观测的优势, 特别是应用 CCD 后, 对暗天体的观测和研究具有很好的前景, 如亮于 10 mag 的天琴座 RR 变星仅 200 颗左右 (依巴谷卫星观测了 186 颗), USNO 旗杆镇的 8''(20cm) 子午环配置 CCD 后已新发现了 1500 颗变星, 其中有较暗的天琴 RR 变星, 在统计样本扩大后, 宇宙距离尺度的研究将有新的进展, 这课题也涉及依巴谷后的地面天体测量的工作, 其主要研究内容具体为:

(1) 依巴谷星表向暗星的扩充

现在已有 SDSS、UCAC-S 观测计划。西班牙 La Palma 的 CAMC、美国海军天文台的 FASTT、尼古拉耶夫天文台 AMC(已配置 CCD) 都在开展这方面工作。我国有着百年照相天体测量的资料, 可以为改进依巴谷和第谷星的自行作出贡献。但是这些尚不能满足我国科学大工程 LAMOST 的需要, 包括供观测用的输入星表、大视场中 4000 根光纤位置的计量系统的天文校准工作。此工作也为太阳系天体和空间目标的精确定位提供参考星表。因此在南方观测基地配置带有大面积 CCD 的 1 m 望远镜和子午环是有利的。

(2) 天体测量资料在银河系运动学中的研究

依巴谷卫星的发射是众多天体物理学家的要求。LAMOST 是一架用于天体物理研究的仪器, 其课题目标包括了银河系结构的研究、暗天体的 5 个天体测量参数 (位置、自行和视差)、加上测光和视向速度资料, 为大尺度的银河系结构和运动的研究提供大的样本。

(3) 参考架的稳定性和多波段参考架之间的联系

现有射电和依巴谷参考架之间的稳定性一直为人们所关注, 也是天体测量进入微角秒时代的标志。对射电参考系而言研究包括射电源的结构、银河系物质的引力透镜效应所引起的源的视自行等。对于依巴谷星表而言则包括暗于 9 mag 星位置精度的提高和自行的改进。还需改进和校准参考架之间的转换参数。对河外射电源的红外、射电、光学像中心的一致性研究, 涉及到源的演化和能量辐射机制的研究。

3.2 大尺度的地球动力学与全球地球物理因素的研究

地球上发生的一些变化 (如地震、泥石流、火山爆发、台风、厄尼诺、温室效应等) 都和

人类生活密切相关。随着空间技术的发展, 利用天文方法可对这些现象进行监测, 该课题的研究内容有:

(1) 地壳形变及其动力学过程

亚太地区处于澳大利亚、欧亚、太平洋和北美板块的交会地区, 地震活动频繁。我国是一个地质复杂的国家, 有喜马拉雅山、云南、新疆等多地震地区, 可开展相应的研究。以 GPS 技术为主, 结合 VLBI 和 SLR 监测这些地区的地壳形变。利用空间技术的实测结果建立反映全球和中国各块体运动特点的运动学和动力学模型, 特别要开展台站速度垂直分量测定精度的提高(包括大气模型对时延的影响)的研究以及与这些研究有关的地球参考架长期维持的稳定性问题、天球参考架的自治性的研究。

(2) 地球自转变化与地球物理因素的关系

过去 20 年中对大气、海洋、地面积储水的变化有较多的研究。随着研究的深入, 将主要研究由大气、海洋、地幔、地核组成的完整的动力学系统, 研究它们各部分的物质运动及其相互间各种耦合与地球自转及其变化的关系。特别是研究地幔(包括地幔介质的各向异性)、地球液核的物质运动和核幔(电磁、引力、地形)耦合动力学对地球自转变化(如十年波动、章动)的影响, 其中数值模拟方法也是研究手段之一。用 GPS(地面和星载)的资料研究大气水汽的分布以改进电磁波通过大气的传递模型和用于气象的数值预报。地球只是太阳系中的一颗特殊行星, 在人类即将登上其他行星的今天, 研究行星的运动学和动力学已成为天文、地学的前沿课题, 也即可在研究地球的基础上, 着手开展行星动力学的研究。

(3) 地球引力场的时变性与地心位置的测定

用空间技术(如 SLR、GPS 等)和地面重力测量仪器研究地球引力场时变特征及地心的运动。引力场变化是地球总物质迁移的表征, 可以通过扣除大气、海洋等因素后研究某一圈层物质的运动, 特别是应开展 GRACE 卫星发射后有关的研究课题。

3.3 我国综合原子时系统的建立和维持

时间尺度的建立和维持依赖于原子钟的质量、数量和新型原子钟的研制。充分利用各部门的原子钟, 提高现有原子钟的使用率, 是建立具有国际水平的原子时基准最经济的途径。该课题包括的内容有:

(1) 新型时间标准的建立

在原子时标准方面, 继续原子喷泉的铯原子钟的研制。在天文时间标准方面, 在脉冲星守时原理的基础上, 具体研究测定毫秒脉冲星周期的方法, 包括射电望远镜和接收机的技术指标等, 提出可行性报告。

(2) 建立综合原子时的方法

研究单架原子钟守时的理论, 在已有原子时噪声模型研究的基础上, 用新的数据统计方法进一步提高综合原子时的精度。

(3) 高精度时间传递方法的研究

时间比对方法已有 GPS 共视法、卫星双向法、载波相位法和光技术等, 在完成中欧卫星双向时间比对的同时, 开展其他方法的研究, 使同步精度达到 $0.1 \sim 0.2 \text{ ns}$, 频率比对精度达 10^{-15} 量级。通过卫星、光纤、低频时码、电话和计算机网的授时系统, 使用户得到实时 UTC(误差在 100 ns 以内)。

在上述的优先发展领域中, 随着观测精度的提高, 广义相对论对天体测量、天体力学和

计量的影响(如原时和 TCB、TCB 和 TCG 之间的转换)都必需计及,对其研究也是前沿课题之一。总之,通过这些优先项目的支持,把我国天体测量工作推上一个新的台阶,力争在某些领域处于国际领先地位。

致谢 中国科学院上海天文台、紫金山天文台、云南天文台、陕西天文台、北京天文台和南京大学天文系的专家和同行们在本文定稿时提出了许多宝贵意见,作者在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 国家自然科学基金会. 自然科学学科发展战略调研报告——天文学, 1997
- 2 EOS Transactions of the American Geophysical Union: Geodesy, No.10, 1998
- 3 EOS Supplement "1999 Spring Meeting" American Geophysical Union, hold at Boston, Massachusetts, USA
- 4 US Naval Observatory Annual Report, BAAS, 31(1): 1999

The Prior Research Fields of Astrometry in China During the Period of the Tenth Five-Year Plan

Jin Wenjing^{1,3} Li Dongming^{2,3} Huang Chengli^{1,3} Tang Zhenghong^{1,3}

(1. Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030)

(2. Purple Mountain Observatory, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

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

Abstract

The trends and leading research programs of astrometry in the 21st century are described. The development and achievement of astrometry in China during the periods of the Eighth and Ninth Five-Year Plans with the support of the NSFC are reviewed, and the prior fields and leading programs of astrometry which need continuing supports from the NSFC in the period of the Tenth Five Year plan are also suggested.

Key words astrometry—NSFC—leading research program