

中国科学院

上海天文台年刊

Annals of Shanghai Observatory
Academia Sinica

26

2005

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

26

2005

中国科学院上海天文台年刊编辑委员会编
上海科学技术出版社出版

《中国学术期刊综合评价数据库》《中国科学引文数据库》来源期刊
《中国期刊网》《中国学术期刊(光盘版)》《万方数据资源系统数字化期刊群》全文收录

本刊通过“全国非邮发报刊联合征订服务部”发行,联系地址为:天津市大寺泉集北里别墅17号联合征订服务部,邮编:300385。读者可向该服务部直接汇款订购,汇款单上请注明订购本刊,也可直接向本刊编辑部订购,本刊编辑部地址:上海市南丹路80号,邮编:200030。

中国科学院上海天文台年刊

2005年 总第26期

中国科学院上海天文台主办

上海世纪出版股份有限公司

上海科学技术出版社出版

(上海市钦州南路71号 邮政编码 200235)

中船公司第704研究所印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 10.75 字数 240 000

2005年12月第1版 2005年12月第1次印刷

印数:1—500

ISBN 7-5323-8395-4/P·70

定价: 25.00元

本书如有缺页、倒页、错装等严重质量问题,
请向本刊编辑部联系调换

《上海天文台年刊》第十二届编辑委员会

主 编: 胡小工

副主编: 郑为民 邵正义 万宁山

委 员: (以姓氏笔划为序)

平劲松 李金岭 邱 实 陈 力

陈 肖 周永宏 林伟鹏 范庆元

张为群 张忠萍 陶 隽 曹新伍

黄乘利

责任编辑: 万宁山

E-mail: sonk@shao.ac.cn

The Twelfth Editorial Board of Annals of Shanghai Observatory

Editor-in-Chief: HU Xiaogong

Deputy Editor-in-Chief: ZHENG Weimin SHAO Zhengyi WAN Ningshan

Members of the Editorial Board:

PING Jingsong LI Jinling QIU Shi CHEN Li

CHEN Xiao ZHOU Yonghong LIN Weipeng FAN Qingyuan

ZHANG Weiqun ZHANG Zhongping TAO Jun CAO Xinwu

HUANG Chengli

Editor: WAN Ningshan

中国科学院
上海天文台年刊
ZHONGGUO KEXUEYUAN
SHANGHAI TIANWENTAI NIANKAN

第 26 期

目次

上海天文台 2004 年度的科研工作 廖新浩(1)

天文地球动力学、天体力学

- 以基线长度变化率为约束估算 VLBI 站的垂直形变率 杨志根 朱耀仲(7)
月球重力场对绕月低轨卫星的长期影响 黄 勇 胡小工 黄 斌(14)
星载合成孔径雷达成像处理 陈艳玲(22)
Ekman 层风速随高度分布方程的数值解试验 刘 敏 郭 鹏(31)
对称模式下的 CHAMP 弯曲角掩星数据同化 刘 敏 郭 鹏(39)
2004 年上海天文台卫星激光测距观测报告 杨福民 张忠萍 陈菊平 陈婉珍(48)

天体测量、天体物理

- 球状星团 M79 天区 169 颗恒星的位置和自行归算以及成员概率 王家骥 陈 力(52)
疏散星团 NGC2244 天区恒星的绝对自行研究 高建云 陈 力 王家骥(60)
疏散星团 NGC6530 天区的恒星自行和成员概率 温 文 赵君亮 陈 力(79)
OH megamaser 的抽运效率 俞志尧(95)

天文仪器

- ADS 辅助实现线极化到圆极化的转换 陈松麟(103)

计算机软件、计算机技术

- CCD 整体平差方法的 FORTRAN 语言归算程序 ... 于 涌 李金岭 唐正宏 赵 铭(110)
FITSIO 软件包的简介及应用举例 李化南 肖泉宝 邵正义(119)
基于 XML 的天文软件设计方法 廖名学 艾力. 玉苏甫 张 晋(125)

ANNALS OF SHANGHAI OBSERVATORY ACADEMIA SINICA

No. 26

CONTENTS

- The scientific research and technical work of Shanghai Astronomical Observatory in 2004
..... LIAO Xinhao(1)

Astrogeodynamics, Celestial Mechanics

- Estimations of vertical deformation rates of VLBI stations by constraints of rates of baseline
length change YANG Zhigen, ZHU Yaozhong(7)
- Long-term effects of lunar gravity on low lunar orbit
..... HUANG Yong, HU Xiaogong, HUANG Cheng(14)
- Imaging processing for spaceborne synthetic aperture radar CHEN Yanling(22)
- Numerical solution of the distributed equation of the wind Field with respect to height in Ekman
layer LIU Min, GUO Peng(31)
- Assimilation of bending angle from GPS radio occultation in symmetrical model
..... LIU Min, GUO Peng(39)
- Satellite laser ranging observations at Shanghai Astronomical Observatory in 2004
..... YANG Fumin, ZHANG Zhongping, CHEN Juping, CHEN Wanzhen(48)

Astrometry, Astrophysics

- Astrometrical reduction and membership of 169 stars in the globular cluster M79 region
..... WANG Jiaji, CHEN Li(52)
- A proper motion study for stars in the region of the open cluster NGC2244
..... GAO Jianyun, CHEN Li, WANG Jiaji(60)
- Proper motions and membership probabilities of stars in the region of the open cluster NGC6530
..... WEN Wen, ZHAO Junliang, CHEN Li(79)
- Pumping efficiency of OH megamaser YU Zhiyao(95)

Astronomical Instrument

- Realization of Linear-Circular Polarization Conversion with ADS CHEN Songlin(103)

Computer Software, Computer Technology

A FORTRAN realization of the block adjustment of CCD frames	
.....	<i>YU Yong, TANG Zhenghong, LI Jinling, ZHAO Ming</i> (110)
The introduction to FITSIO and its applied example	
.....	<i>LI Huanan, XIAO Quanbao, SHAO Zhengyi</i> (119)
An XML-based method for astronomy software designing	
.....	<i>LIAO Mingxue, AILI Yusupu, ZHANG Jin</i> (125)

上海天文台 2004 年度的科研工作

廖 新 浩*

(中国科学院上海天文台, 上海 200030)

提 要

简要回顾了中国科学院上海天文台 2004 年科研及相关工作情况。

主题词: 科技创新 — 人才培养 — 科研管理 — 国际交流 — 精神文明

分类号: P112, G31

1 引 言

2004 年, 是上海天文台各项工作步入正轨的一年。时值二期创新结束, 需对其情况进行评估, 并准备三期创新竞聘; 起草了上海天文台中长期发展规划; 完成了行政班子中期考核; 根据院 2004 工作部署, 围绕科研发展、科学管理、创新文化建设和拓宽国际合作等方面重点开展工作, 取得了一些进步。但面临的任务仍很艰巨。全台职工务必团结一心、努力工作, 力争在三期创新工作中取得更大的成绩。

2 科 研 工 作

我台有 7 个创新研究团组参加二期创新考核, 有两个团组被评为优秀。目前我台有创新研究团组 8 个, 一个基地和一个实验室。

2.1 发表论文情况

2004 年, 共发表论文总数 142 篇, 其中在 SCI 期刊发表的论文 55 篇。论文总数基本与 2003 年持平, 但在论文被引用方面却有明显进展, 2004 年, 我台论文被引用数达 210 篇次, 同比增长 50%, SCI 论文数被引用数创历史最高记录, 说明我台研究论文的质量已有明显提高。

2.2 承担科研项目及获奖情况

2004 年我台新承担各类科研项目 18 项, 完成科研项目 30 项, 2004 年我台有三个项目获奖: 一项获上海市科技进步一等奖, 两项获国防科研成果二等奖。

2.3 科研成果及项目验收情况

(1) 中德马普伙伴小组在宇宙学研究中取得重要进展, 景益鹏博士完成的“宇宙结构形成的数值模拟研究”, 采用计算机方法模拟宇宙结构的形成, 在宇宙结构形成的物理规律研究

收稿日期: 2005-11-25; 修回日期: 2005-12-25

* 本文作者为中国科学院上海天文台常务副台长。

方面,取得重要成果,获上海市科技进步一等奖。

(2) 我台承担的神舟 4 号激光反射器研制工作和负责主持的国内激光网监测神舟 4 号并进行精密定轨的工作均取得圆满成功,为载人航天事业做出了贡献,获军队科技进步二等奖。我台承担的某应用系统时统分系统得到用户高度评价,获国防科工委科技进步二等奖。

(3) 我台负责的中国 VLBI 测量网二期工程通过验收。验收专家组评价该项目在技术性能和观测质量等方面,总体上达到了国际水平。它标志着我国已全面掌握 VLBI 这项高新技术,为今后我国自主发展 VLBI 技术奠定了基础。目前它已在科学研究领域取得了丰硕的成果,为承担我国一期探月工程的月球卫星 VLBI 精密定轨测量任务打下了坚实的基础。

(4) 我台作为技术总负责的上海地区 GPS 综合应用网通过验收。上海地区 GPS 综合应用网由覆盖长江三角洲地区的 14 个 GPS 基准站组成,同时建成了由 61 个基准点组成的上海市 GPS 大地测量控制网、38 个基准点组成的上海市地面沉降监测网。精度达到了当今国际先进水平,2003 年 12 月完全投入实时业务运行,运行情况良好。已在长江三角洲区季节转换的判定和上海地区暴雨监测预报、上海城市大地测量控制、上海地区地壳运动和地面沉降的监测等方面的研究中发挥了作用。

(5) 行星流体动力学基本问题研究结题。该项目是科技部重大基础研究前期研究专项。它在行星流体动力学基本理论研究和数值模拟研究、全球海洋运动与固体地球自转变化的关系、地球内部多种可能的较差转动对地球章动的贡献、火星章动模型的计算等方面取得了重要成果,为该项研究进一步申请 973 项目打下了良好的基础。

(6) 我台承担的中国科学院方向性项目“空间对地观测与应用研究”通过中期检查,承担的国家自然科学基金委重点项目“行星地球分层结构与自转动力学”在中期检查中获得肯定。此外,探月工程一期 VLBI 精密定轨测量可行性研究报告通过评审。为探月工程一期 VLBI 精密定轨测量配套的实时相关处理机、接收机和 DBBC 等研制工作、观测资料的相关处理和定轨工作的研究进展顺利。

2.4 三大观测设备的运行情况

(1) VLBI 观测基地:2004 年通过实验室评估。佘山 VLBI 站是国际 VLBI 网的正式成员,较好地完成了以天体物理研究为主的欧洲 VLBI 网(EVN)和以天体测量和测地研究为主的国际测地 VLBI 网(IVS)的常规观测任务。全年观测时间共计 1163.2 小时。

(2) 1.56m 光学望远镜观测基地:2004 年通过实验室评估。全年观测 150 夜。在天文专项项目、上海对外文化交流协会和北京军威神州发展有限公司的支持下,进行了漂移扫描 CCD 照相机的研制。

(3) 卫星激光测距站:新建激光观测室已完成,计划 2005 年完成测距仪的改造和搬迁,保证及早投入观测。在 2004 年共获得有效观测 1907 圈,并有近 80 圈白天和晨昏观测,观测圈数为历年最高。

3 人才培养与引进工作

3.1 培养年轻的将帅人才

2004 年在我台进入创新工程的研究团组中,有 8 位 40 岁左右的青年科技人员担任首席科学家和首席研究员,有 7 人分别担任国家“973”项目二级课题、国家重点基金和面上基金的

负责人。有 2 人为国家杰出青年基金获得者,有 1 人为全国“百千万人才工程”国家级人选,有 4 人获得国家级“政府特殊津贴”。

3.2 吸引优秀人才

在实施创新工程以来,我台领导班子十分重视人才队伍建设,加大对优秀人才的引进工作,并把这项工作看作是科研事业后继有人、发展有望的根本保证。2004 年,我们引进中国科学院“百人计划”人选者 1 人,自己培养 1 人。同时重视邀请国际上知名的一流科学家、学者来我台,以多种方式在重点、前沿和交叉学科开展高层次的国际合作和交流。

3.3 优化人才的年龄结构

人才的培养和引进,使我台的科研队伍结构有了明显的改善。创新队伍的平均年龄下降、学历层次提高、创新能力增强。在我台的创新团组中,78% 的首席研究员具有博士学位,平均年龄小于 43 岁。研究员中 40 岁左右的占 50%,在 9 个创新团组中,45 岁以下人员的比例早已符合院二期创新的要求。2004 年,为加强对年轻干部的培养选拔工作,我台对管理和研究部门的中层干部进行了竞聘调整,一批年纪轻、学历层次高、综合素质好的优秀青年人才被充实到中层管理岗位,18 人中有 10 人年龄在 40 岁左右,占 56%,其中研究生以上学历占 50%。

3.4 研究生与博士后人才的培养

2004 年共录取研究生 35 名,其中博士生 8 名、硕士生 27 名。目前我台在读研究生共有 108 名,为建台以来最多,研究生队伍的扩大为今后挑选优秀高层次人才创造了条件。2004 年,我台有 1 人获得中国科学院院长奖学金优秀奖,1 人获得中国科学院刘永龄奖学金。我台非常重视博士后的科研工作,并将博士后研究人员列入创新工程项目内。截止 2004 年底,我台仍有 5 位博士后在站工作。

3.5 人才培养与引进的政策和举措

为全面实施我院新时期发展战略,根据我台在二期创新阶段队伍建设和科研工作发展的要求,2004 年我们对《青年科技骨干住房激励性补贴暂行办法》进行了修改,适当提高一次性购房激励性补贴额度,以更好地吸引、稳定优秀青年科技骨干。我台还出台了《关于加强人才工作的实施意见》,调整了台人才工作领导小组、建立了创新人才专项基金、增加了创新首席和国家杰出青年基金获得者岗位津贴,设立了人才引进奖等,这一系列政策和措施加强了人才培养与引进的力度。

4 科研管理工作

4.1 上海天文台中长期发展规划的起草制定

2004 年,我台多次召开有在台两院院士、台领导、各创新团组首席研究员、研究室正副主任、职能部门主要负责人和部分科研骨干参加的中长期规划研讨会。各有关部门介绍了本部门的具体规划内容,经过统筹规划,确定了上海天文台中长期发展战略重点是:针对未来 15 年国家在时频和空间领域的战略需求,根据世界天文学的发展前沿和态势,结合我台实际情况,优先发展天文地球动力学、星系与宇宙学、致密天体和黑洞、VLBI 技术、精密定轨技术、SLR 技术、时频技术、光干涉技术等科研项目,积极承担国家重大科研项目,努力提升科技产出质量,加强国际合作。

4.2 调整中层干部,机关工作岗位竞聘

为了更好贯彻我院新时期办院方针,加快实现知识创新工程试点全面推进阶段的目标和台长任期目标。我台对中层干部进行调整选聘。根据《党政领导干部选拔任用工作条例》,我台制定了调整选聘实施方案,组建了考评委员会和考察组,公开各部门的选聘职位和任职条件,采取公开招聘和民主推荐相结合的方法,根据应聘情况和推荐结果进行资格审查和考核考评,进行公示,最后经党政联席会议讨论决定由台长聘任。中层干部调整以后,又对机关工作人员进行了按需设岗,并在全台范围内进行了岗位竞聘。

4.3 充分发挥台学术委员会的作用

在台行政班子任期目标和中长期发展规划制定,以及台科研岗位设置和人才引进等方面充分征求并听取台学术委员会意见,发挥台学术委员会在科研发展大政方针方面的作用。

4.4 建立高效的科研岗位聘任体制

根据中国科学院人事改革精神,合理配置了创新岗位与项目岗位。完成了科研工作中按需设岗、按岗聘任的人事制度改革。根据台科研发展的要求,较合理地配置了创新研究员岗位和项目研究员岗位。

4.5 完善科研奖励制度

根据中国科学院创新评价体系,修改了上海天文台科研奖励制度,对若干重要科研项目给予一定的科研经费支持,使有限的资源充分发挥作用。

4.6 做好信息宣传工作

全年出版《简讯》14 期,台主页信息做到及时更新,建立了“电子台务”管理平台。积极向上级部门报送信息,使信息宣传工作继续在上海市科技系统内保持领先,并获得科技系统信息宣传工作评比一等奖。另外,在台领导的直接指导下,经各方的努力和配合,我台终于在 5 月份完成自 1996 年以来英文网页的首次改版。

4.7 做好支撑服务工作

信息计算中心除搞好常规服务、管理、出版和资料交换等工作外,制作了《天文学进展》全年四期的中英文摘要网页和全文网页,并实现了全文上网。2004 年,借召开“中国天文学会 2004 年学术年会”之际,进行了一次规模较大的组稿活动,年内计划外完成《毫米波-VLBI 论文集》的编辑出版。图书馆还进行了网上信息资源的开发和利用,及时进行有关信息的收集。计算机组利用自身的技术力量,对局域网进行了扩充和信息点的调整,大大满足科研工作的需要。为防垃圾、病毒邮件,我台与有关单位共同出资购买并运行了邮件安全网关系统。中国科学院资源规划项目(ARP)2005 年将在全院推广,它是院十五信息化建设中全面提升科研管理信息化水平的一个重点项目,目前我台已完成了前期的硬件验收和调试工作。

5 基建工作

5.1 佘山 25m 及 1.56m 园区改造项目立项

我台于 2003 年 12 月底报送了 25m 天文射电观测室园区的规划设计方案,2004 年 2 月底已得到了院部的批复,同意我台上报的规划设计方案。经过努力,我台于 2004 年 4 月 25 日上报了佘山园区改造项目的可行性研究报告,2004 年 5 月 17 日得到了院部的批准。

5.2 60cm 卫星激光测距仪观测室工程完成

60cm 卫星激光测距仪观测室工程完工后于 2004 年 10 月通过了规划、消防、环保、卫生等

部门的验收,竣工档案已通过市档案馆的验收,在质监站的监督下通过了竣工验收。

5.3 南丹路沿街房屋顺利拆迁

在拆迁过程中,各部门密切配合,完成补偿谈判、用户搬迁和房屋拆除等工作,现正在进行园区规划。

5.4 佘山 97.5 亩山地置换工作

向中国科学院报送佘山 97.5 亩山地置换的请示报告,已得到批准。目前,正在向松江区规划局申请用地选址。

6 国际合作与交流

2004 年,我台积极开展国际及地区性合作和学术交流。我台科技人员分别出访美国、德国、荷兰、日本、意大利、加拿大、法国、西班牙、澳大利亚、乌克兰、新加坡等国。全年共 48 批 77 人次,其中出访三个月以上的有 16 人次,以参加国际学术会议和进行合作研究为主。全年共接待来访的外国专家 41 人次,其中来访三个月以上的为 3 人次,包括日本博士后 1 人(为期两年),澳大利亚专家 1 人(为期 1 年)。

7 精神文明和创新文化建设工作

7.1 获奖情况

2004 年度,我台职工在各自的岗位上以优秀业绩争创各类先进称号,除在科研项目上获奖外,我台各部门和职工获得上级单位颁发的先进称号有 39 项,其中集体 15 项,个人 24 项。我台首次被命名为上海市文明单位,被市科教党委授予思想政治工作先进集体,台工会被上级工会授予“先进职工之家”,探月工程项目获国家绕月探测工程贡献奖,天文博物馆工程获上海市科普实事工程突出贡献奖等。

7.2 建设上海天文博物馆

上海天文博物馆是由上海市科委投资兴建的重点科普教育基地,被列入上海市 2004 年科普实事工程。2004 年 11 月 16 日,上海天文博物馆正式开馆,上海市副市长严隽琪、市科委主任李逸平等领导出席了开馆典礼。

7.3 开展科技工作者道德教育活动

2004 年我们在去年开展的科技工作者道德教育活动的基础上,继续开展“科技工作者道德与上海天文台精神”征文活动,并在台《简讯》和台《主页》道德教育专栏上刊登。2004 年我们成立评选小组,对《科技工作者道德与上海天文台精神》征文进行评选和表彰,最后编印《上海天文台科技工作者道德与上海天文台精神》征文集。对规范全台职工道德行为具有积极意义。

7.4 编印《创新文化宣传手册》,录制宣传光盘

为让全台职工进一步了解我台的形象标识、行为规范、精神理念,2004 年,我台编印了《上海天文台创新文化宣传手册》,手册包含上海天文台台标及寓意、上海天文台精神及诠释、上海天文台科技工作者道德行为规范、中国科学院八字院风及新时期办院方针等内容。目前,《手册》已发至全体职工和研究生手中。另外,为反映和宣传上海天文台进入创新工程以来取得的各项科研成果,展示广大科研人员的精神风貌和光辉业绩,扩大上海天文台的对外影响,

2004 年我台录制了《精勤司天、诚信修文——发展中的上海天文台》宣传光盘。

8 今后努力方向

- (1) 在形成和谐宽松的人文环境上还须做出更多的努力。
- (2) 在将帅人才的引进上还须下大力气。
- (3) 在制度建设、依法治台、科学管理方面还须不断完善和加强。
- (4) 在面向国家战略需求方面,特别是高技术集成上还须采取有效的措施。

THE SCIENTIFIC RESEARCH AND TECHNICAL WORK OF SHANGHAI ASTRONOMICAL OBSERVATORY IN 2004

LIAO Xinhao

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

Abstract

In this paper, the scientific research, technical work and so on of Shanghai Astronomical Observatory in 2004 is briefly reviewed.

Key words knowledge innovation — personal training and introducing — scientific management
— international exchange — civilization

以基线长度变化率为约束估算 VLBI 站的垂直形变率

杨志根^{1,2,3} 朱耀仲²

- (1. 中国科学院上海天文台, 上海 200030;
2. 中国科学院测量与地球物理研究所, 武汉 430077;
3. 上海伽利略导航有限公司, 上海 200233)

提 要

基于 NNR-NUVEL-1A 地球板块运动模型和 ITRF2000 地球参考架的三维 VLBI 站速度矢量, 采用实测的 VLBI 基线长度变化率作为约束, 重新估计了部分国际 VLBI 站的局部或区域性地壳的垂直形变, 并与国际地球参考架 ITRFs 解和 VLBI 全球解 GLB2003, VTRF2003 和 VTRF2005 的结果进行了比较。结果表明, 欧亚板块的 URUMQI 站和太平洋板块的 KWAJAL26 站, 南极 OHIGGINS 站的垂直形变率、ITRFs 解和 VLBI 全球解存在 $6 \sim 15 \text{ mm/a}$ 的差异, 北美 YUMA 站可能有 $15 \sim 31 \text{ mm/a}$ 的垂直形变率, 而美国西部太平洋板块的 San Francisco (PRESIDIO) 站的垂直形变率还有待进一步的研究。此外, SC-VLBA, CRIMEA 和 EFLSBERG 站的垂直形变率、ITRFs 解和 VLBI 全球解的差约为 $1 \sim 6 \text{ mm/a}$ 。用不同方法得到的 VLBI 站的水平形变率解有较好的一致性。

主题词: ITRF2000 地球参考架 — NNR-NUVEL-1A 板块运动模型 — VLBI 基线长变化率 — VLBI 站的局部或区域性的地壳垂直形变

分类号: P228.6

1 引 言

国际地球参考架 ITRFs (例如 ITRF2000^[1]) 已被广泛应用于空间大地测量学和地球物理学。由于国际地球参考架是利用多种空间测地技术观测资料的综合解, 会引起单个站的站速度解不一致, 这取决于不同空间测地技术 ITRF 解在局部或区域性解中的可靠性。然而, 至今我们对局部或区域性的地壳形变, 特别是对地壳垂直形变还没有完全了解。2004 年 2 月第三届国际 VLBI 天体测量与大地测量学学术讨论会在加拿大渥太华举行, 会上提出并强调了要开展地壳垂直变化研究, 建立地壳垂直运动模型。目前, 在全球和区域性的海平面趋势性变化的研究中, 除了考虑地球冰川冰盖的融化、全球变暖引起的海水热膨胀等因素外, 近海和沿海地区区域性的地壳垂直运动的可能因素也已引起重视。2004 年 12 月印度洋的 9.0 级特大地震, 引起了震后临近地区地壳的大规模变动^[2]。对这次地震成因的研究表明, 在震前位于澳大利亚板块与南部欧亚板块跨越印度尼西亚西北端的板块交界处, 以及位于印度洋安达

曼群岛与尼科巴群岛的印度板块和缅甸板块的交界处已孕育着长期的地壳径向构造运动^[3,4]。

美国宇航局 NASA 的 VLBI 全球解 GLB2001^[5] 和 GLB2003^[6] 中基线长度变化率解的平均精度分别为 1.60mm/a 和 1.45mm/a。因此,利用观测的高精度的 VLBI 基线长度变化率作为输入约束,逐个估计全球 VLBI 站的局部或区域性地壳形变已是可能的,从而可以精化部分国际 VLBI 站的局部或区域性垂直形变解,改进 ITRFs 解的可能不足。文献[7]利用 1988 - 1996 年共 8 年的上海 VLBI 站与国际 VLBI 站的基线长度变化率的测定结果估计给出了上海 VLBI 站相对于欧亚板块的地壳垂直形变率,文献[8]中基于 ITRF97 地球参考架分析给出了日本鹿岛 KASHIMA 和 KASHIM34 两站的相对垂直形变率,文献[9]利用国际 VLBI 站基线长度变化率的观测资料,估计了全球 6 个并置 VLBI 站的相对形变。本文试图进一步对全球部分 VLBI 站的地壳垂直形变进行新的估计,为区域性的地球物理学研究,以及建立全球或区域性的地壳垂直运动模型解提供更可靠的数字估计结果。

2 基本方法

根据文献[7,9]的讨论,目标 VLBI 站 k 的局部或区域性的地壳形变率 V_{def} 可利用下式得到精确的估计:

$$V_{\text{def}} = V_k - \omega_{\text{mod}} \cdot R_k \quad (1)$$

式中 ω_{mod} 是板块运动模型中目标站所在板块的欧拉旋转矢量, R_k 和 V_k 分别为目标站 k 的地心位置矢量和速度矢量,其中未知量 V_k 可由如下观测方程用加权最小二乘法求解得到:

$$B_{ki} \cdot V_{ki} = (R_i - R_k) \cdot \Omega_{ki} \quad (2)$$

上式中 B_{ki} 为目标站 k 至国际 VLBI 站 i 之间的基线长, V_{ki} 为 B_{ki} 的变化率观测量; Ω_{ki} 是 V_k 和 V_i 的相对变化率,站 i 的地心位置矢量 R_i 和地心速度矢量 V_i 可取自 ITRFs 地球参考架。在上述估计中,由于地面上两 VLBI 站之间沿基线方向距离的测定在理论上与所采用的地球参考架无关, V_i 在 ITRFs 地球参考架中的误差对估计 V_k 的影响在一定程度上可作为随机误差处理,从而可得到较高精度的目标站的速度矢量估计。

3 采用的资料

根据美国宇航局 NASA 的测地 VLBI 全球解 GLB2001 和 GLB2003,采用全球 30 多个 VLBI 站(包括太平洋板块的 San Francisco (PRESIDIO) 站和 KWAJAL26 站,欧亚板块的 URUMQI 站,南极 OHIGGINS 站和北美板块 YUMA 站)的基线长度变化率观测结果,以及 CRIMEA, EFLSBERG 和 SC-VLBA 3 个站分别与国际站间类似的基线长度变化率观测结果,以这些观测结果作为观测约束,以 ITRF2000 地球参考架的三维 VLBI 站速度矢量作为国际站初始站速度矢量,估计得到了目标站的新的站速度矢量。

4 结 果

利用式(1)和式(2),以 GLB2001 中观测的 VLBI 基线长度变化率为约束,基于 ITRF2000 地球参考架和 NNR-NUVEL-1A 板块运动模型,重新估计了全球 30 多个国际 VLBI 站的局部

或区域性地壳形变率,表 1 列出了其中具有较明显差异的 8 个 VLBI 站的估计结果。ITRF97, ITRF2000 地球参考架和 NASA 测地 VLBI 组 2003 年的 VLBI 全球解 GLB2003, 以及经归一化处理后得到的 VLBI 地球参考架 VTRF2003^[10] 和 VTRF2005^[11] 中的相应结果也列在表 1 中以作比较。为了证实估计结果的可靠性,我们进一步采用 GLB2003 中基线长度变化率结果作为观测约束,估计了上述 8 个 VLBI 站的局部或区域性地壳形变,结果也列在表 1 中。表中第二列的 BR(1) 和 BR(2) 分别表示采用 GLB2001 和 GLB2003 中的基线长度变化率结果作为观测约束所估计的结果。

表 1 8 个国际 VLBI 站的局部或区域性地壳形变率及其与 ITRFs 解, GLB2003, VTRF2003 和 VTRF2005 解中相应结果的比较。

Table 1 The local/regional crustal deformation rates of eight international VLBI stations and their comparisons with corresponding results in ITRFs, GLB2003, VTRF2003 and VTRF2005. The longitude and latitude of the stations are listed in the parenthesis of first column

VLBI 站 (经度, 纬度)	参考架	垂直形变率 /mm · a ⁻¹	水平形变率 /mm · a ⁻¹	方位(N)/(°)	板 块
San Francisco (PRESIDIO) (237°.55, 37°.80)	ITRF97	-8.41 ± 5.07	17.83 ± 4.95	159.1 ± 3.5	PCFC
	ITRF2000	-7.27 ± 6.46	16.02 ± 6.30	159.6 ± 20.0	
	BR (1)	-17.23 ± 11.33	15.84 ± 10.90	149.6 ± 34.3	
	BR (2)	-2.94 ± 13.89	15.82 ± 13.61	157.2 ± 41.4	
	GLB2003	-8.01 ± 6.07	14.03 ± 0.87	163.8 ± 2.8	
	VTRF2003	-7.87 ± 5.78	15.91 ± 5.65	159.8 ± 17.9	
	VTRF2005	-7.75 ± 7.13	15.65 ± 6.95	158.4 ± 22.6	
YUMA (245°.80, 32°.93)	ITRF97	16.32 ± 6.99	1.01 ± 5.85	212.4 ± 296.3	NOAM
	ITRF2000	15.58 ± 7.76	1.37 ± 6.78	339.9 ± 228.5	
	BR (1)	23.26 ± 7.94	2.56 ± 7.50	12.1 ± 112.8	
	BR (2)	24.25 ± 7.74	2.51 ± 7.31	13.3 ± 112.5	
	GLB2003	10.67 ± 6.74	2.75 ± 0.81	304.7 ± 19.0	
	VTRF2003	10.88 ± 7.24	1.12 ± 5.10	291.5 ± 321.4	
	VTRF2005	15.21 ± 8.79	0.82 ± 0.70	315.0 ± 48.8	
URUMQI (87°.18, 43°.47)	ITRF97	-0.24 ± 2.65	13.01 ± 2.63	22.2 ± 11.1	EURA
	ITRF2000	-5.28 ± 2.11	11.30 ± 1.63	26.8 ± 6.3	
	BR (1)	-11.13 ± 4.02	8.45 ± 4.04	16.0 ± 14.2	
	BR (2)	-10.62 ± 5.91	8.16 ± 5.95	17.8 ± 25.6	
	GLB2003	-6.99 ± 1.05	11.60 ± 0.38	25.5 ± 1.8	
	VTRF2003	-4.64 ± 0.80	14.21 ± 0.73	31.6 ± 2.4	
	VTRF2005	-1.61 ± 0.40	8.87 ± 0.40	20.7 ± 1.1	

续 表

VLBI 站 (经度, 纬度)	参考架	垂直形变率 /mm · a ⁻¹	水平形变率 /mm · a ⁻¹	方位(N)/(°)	板 块
OHIGGINS (302°.50, 25°.62)	ITRF97	13.19 ± 1.52	1.61 ± 1.07	241.0 ± 41.1	ANTA
	ITRF2000	9.35 ± 0.94	1.97 ± 0.53	276.3 ± 19.5	
	BR (1)	2.06 ± 0.46	4.17 ± 0.41	189.2 ± 5.9	
	BR (2)	1.58 ± 0.81	3.06 ± 0.77	225.4 ± 14.5	
	GLB2003	5.06 ± 1.09	3.88 ± 0.33	255.7 ± 5.1	
	VTRF2003	4.51 ± 0.94	2.10 ± 0.64	231.3 ± 17.9	
	VTRF2005	4.46 ± 0.67	2.19 ± 0.51	220.7 ± 12.7	
KWAJAL26 (167°.48, 9°.40)	ITRF97	-6.17 ± 6.01	5.64 ± 2.83	220.8 ± 28.0	PCFC
	ITRF2000	1.35 ± 8.41	6.45 ± 3.12	254.0 ± 31.9	
	BR (1)	-12.65 ± 0.19	11.23 ± 0.12	225.5 ± 0.8	
	BR (2)	-12.37 ± 1.36	11.35 ± 0.79	229.2 ± 4.5	
	GLB2003	1.08 ± 5.06	10.41 ± 1.15	261.9 ± 8.7	
	VTRF2003	1.23 ± 7.84	8.59 ± 2.94	261.6 ± 23.3	
	VTRF2005	0.73 ± 9.38	7.51 ± 3.48	258.8 ± 31.9	
SC - VLBA (295°.35, 32°.35)	ITRF97	3.37 ± 0.90	6.50 ± 0.63	91.9 ± 2.0	CARB
	ITRF2000	1.10 ± 0.54	7.33 ± 0.42	73.5 ± 3.3	
	BR (1)	5.89 ± 0.78	6.94 ± 0.54	71.3 ± 5.3	
	BR (2)	-2.62 ± 0.69	8.25 ± 0.43	77.3 ± 4.1	
	GLB2003	-2.17 ± 0.19	6.25 ± 0.08	68.2 ± 0.8	
	VTRF2003	-1.73 ± 0.38	7.09 ± 0.32	75.9 ± 2.5	
	VTRF2005	-2.40 ± 0.19	7.33 ± 0.13	78.7 ± 1.5	
CRIMEA (34°.00, 44°.40)	ITRF97	-0.53 ± 0.78	3.28 ± 0.78	339.9 ± 12.9	EURA
	ITRF2000	0.70 ± 1.06	4.54 ± 1.07	359.1 ± 2.6	
	BR (1)	3.72 ± 0.79	2.32 ± 0.97	19.3 ± 14.9	
	BR (2)	2.97 ± 0.78	2.06 ± 0.85	36.6 ± 20.4	
	GLB2003	2.06 ± 0.66	1.29 ± 0.16	30.0 ± 7.0	
	VTRF2003	2.01 ± 0.49	5.36 ± 0.49	3.1 ± 4.6	
	VTRF2005	1.92 ± 0.14	2.75 ± 0.14	23.1 ± 2.9	
EFLSBERG (6°.88, 50°.53)	ITRF97	-1.36 ± 0.73	0.50 ± 0.68	190.5 ± 47.8	EURA
	ITRF2000	-2.10 ± 0.66	0.51 ± 0.37	59.1 ± 62.5	
	BR (1)	4.59 ± 1.42	0.91 ± 0.35	94.0 ± 85.3	
	BR (2)	1.88 ± 0.98	0.51 ± 0.65	131.6 ± 81.0	
	GLB2003	-1.43 ± 0.40	0.72 ± 0.10	154.3 ± 8.2	
	VTRF2003	-1.32 ± 0.50	0.45 ± 0.48	24.7 ± 44.2	
	VTRF2005	-1.45 ± 0.34	0.90 ± 0.38	349.9 ± 8.0	