

国际交流与合作

APSG — 中国人执牛耳的国际合作计划

黄 城* 周瑞仙

(国家天文台上海天文台 上海 200030)

关 键 词 APSG, 空间地球动力学, 国际合作

1 合作背景

亚太地区空间地球动力学 (APSG) 计划是一项多学科的国际合作计划, 也是 1991 年启动的我国国家级基础研究攀登项目“现代地壳运动和地球动力学研究”向国外的延伸。从 1994 年 6 月起, 以叶叔华院士为首的中国专家小组, 通过多次国际学术会议和多方面通信联系, 向亚太地区诸国家和地区就建立 APSG 计划进行广泛讨论和征求意见, 得到近 20 个亚太国家和地区的积极响应和支持。1994 年 9 月, 国家科委在北京主持召开的联合国亚太地区社会与经济委员会 (ESCAP) 的空间技术应用于持续发展的部长级会议期间, 叶叔华院士在专家学术讨论会上正式提出了 APSG 计划, 并被列入决议的第 25 款。1995 年 7 月, 在美国举行的国际大地测量和地球物理联合会 (IUGG) 第 21 届大会上, 我国正式提出了“APSG 计划”报告, 得到与会各国专家的热烈响应。国际大地测量协会 (IUGG/IAG) 同年就 APSG 计划专门组织了讨论并通过了第 4 号决议, 予以积极支持。该决议确定由叶叔华院士领衔组织实施这项国际合作计划。

该计划的主要目标是联合亚太地区有关科研机构的力量, 利用空间技术合作研究该地区的地球动力学现象: 板块运动、地壳形变和海平面变化等。

研究的地域范围北起俄罗斯堪察加半岛, 经日本、朝鲜半岛、中国及东南亚, 南达澳大利亚, 直至南极洲, 西及印度和中亚, 东接北美、中美和南美洲, 包括阿拉斯加和夏威夷等广大的区域。

2 以我为主, 合作开展空间地球动力学研究

空间地球动力学, 主要是用空间技术并结合地面观测来研究有关的地球动力学问题。亚太地区, 特别是中国、日本和东南亚所在的西太平洋-北印度洋边缘地区以及我国青藏高原, 是太平洋板块、菲律宾板块、欧亚板块及印澳板块的汇聚地带, 是全球新造山带构造体系两大组成部分环太平洋造山带和阿尔卑斯-喜马拉雅造山带的主体地带。该地区地质构造复杂、地质运动剧烈、地震频繁、火山灾害与海侵严重, 而且人口稠密、资源丰富、经济发展迅速、受自然灾害破坏影响严重。同时, 大中城市的地下水开采又相继引起地面沉降现象, 上海及长江三角洲是地面沉降较明显的地区之一。海平面上升、地面下沉的直接后果是海潮倒灌、排洪困难。这些原因使该地区成为空间地球动力学研究最迫切也是最适合深入研究的区域。

1996 年 5 月, 在国家科委和中国科学院的大力支持下, 经我国积极组织与努力, 首届 APSG 计划国际会议在上海召开, 12 个国家和地区共 70 余位代

* 国家天文台上海天文台天文地球动力学研究中心主任, 研究员
收稿日期: 2002 年 4 月 22 日

表出席了会议。会议讨论通过了 APSG 计划的章程,确定了三个专题研究组和六个技术工作组,并推选了各组召集人,确定 APSG 秘书处(现称中央局)设在上海,并选举叶叔华院士为首届 APSG 执委会主席。我国自发起之日起至今始终起着核心作用,主管着中央局(黄城研究员任中央局主任),同时负责一个专题研究组和一个观测技术组,还承担建立数据中心和资料分析中心的任务。

APSG 计划是国内极少数几个以我国为主的大型国际合作研究项目之一。其主要合作内容是,用空间技术监测欧亚、太平洋、印澳、菲律宾和北美等板块间的相对运动,包括板内和板块边缘的地壳形变;研究西太平洋边缘地区之岛弧-海沟构造体系、青藏高原和东南亚造山带的地壳运动演化规律以及动力学机制;利用空间技术(包括卫星测高技术)与验潮方法对亚太地区海平面变化进行监测,并对海平面变化规律及其起因进行研究,进而对全球洋面起伏及其机制开展研究;开展地球各圈层的物质运动与地球在空间的整体运动之间相互关系以及该地区大尺度自然灾害与地球运动变化的关系。

APSG 计划的实施可为该地区地壳形变监测、海平面升降趋势预测、地面测量参考系的建立等提供必要的依据,为预报和减轻自然灾害做出贡献,对该地区的经济建设也有重要的指导意义。

3 国际合作促进综合分析研究

利用最新空间观测手段进行多学科综合分析研究,监测亚太地区的地壳运动、地面升降和海平面变化的规律,为保护人类生存环境做出贡献。大量研究表明,地球的自转变化和板块运动与大气环流、厄尔尼诺现象、地震、地下水变化、海洋运动、海平面升降、地壳下沉等物质运动互有因果关系。

我国建立与更新了各种空间对地观测包括甚长基线干涉测量(VLBI)、人卫激光测距(SLR)、全球卫星定位系统(GPS)、卫星测高技术(SAT)等数据处理软件,依靠自己与 APSG 国际合作力量,大大提高了 VLBI、SLR 和 GPS 等各种空间观测技术的水平,特别是实现了白天 SLR 观测,我国的 SLR 技术达到了国际先进水平。精化了我国 SLR 资料处理软件 SHORDE,使定轨精度有了新的提高。对 Lageos 卫

星三天资料定轨的内符和外符精度都达到了 1 厘米左右,已与国际一流水平的美国空间研究中心(CSR)的水平相当。目前,上海 VLBI 站地心坐标的测定精度好于 4 毫米,上海相对于周围地区 and 国家的基线长度、变化率测定精度分别好于 3 毫米、2 毫米/年;上海和长春 SLR 站地心坐标的测定精度已达 3—5 毫米,SLR 技术测定的基线变化与 VLBI 技术测定的结果相符。中国 VLBI 网、SLR 网和 GPS 监测网,已组成较完整的中国地壳运动监测网。利用 GPS 技术已在中国建立了一个由 500 多个监测站组成的监测网,在国际上首次获得精度达毫米级的中国及其邻近地区地壳运动速度场,给出了中国现今地壳形变的特征:中国地壳运动有明显的不均匀性,以南北地震带为界,西强东弱;中国西部受印度板块强烈的冲挤,地壳运动由南向北逐渐减慢,呈现南北向缩短,东西向伸展,有明显的块体特征。从目前 GPS 观测和地质调查所获得的青藏高原侧向挤出运动研究结果表明,没有大规模的物质挤出现象,更符合地壳增厚模型。此外,综合利用四颗测高卫星的资料,建立了 $2' \times 2'$ 全球平均海平面模型,精度优于 0.1 米。对中国东部沿海地区陆地和海平面垂直运动的研究表明,我国海平面平均以 1—2 毫米/年的速率上升;结合温室效应、海平面变化和沿海地壳垂直运动因素,估算了我国沿海未来 30—50 年可能的海平面上升趋势。在系统研究地球自转变化与热带海洋、大气活动相互关系的基础上,多次成功地预测了厄尔尼诺事件(此成果曾在 *Nature* 上发表)。同时,在国际上首先提出北大西洋涛动过程可能是极移年际时间尺度的一种新激发源。此外,在二阶地球动力学扁率精度下,建立了包含固体内核、流体外核、粘滞地幔、海洋和大气的微椭非刚体地球章动理论。该章动理论已被列为 IAU2000 章动模型的四个参考模型之一。

此外,由我国负责建立的 APSG 数据库定时向世界提供关于 VLBI、SLR、GPS 等设备的观测数据,并在 APSG 网页上每周一次向世界公布对 LAGEOS-1,2 激光卫星的快速标准点数据的残差分析报告,供全球同行科研人员进行综合分析研究,也为 APSG 计划深入开展提供了必要的信息网络。

4 通过国际合作明确发展方向

通过合作也使我们看到了今后重点发展的研究领域与新的前沿课题。如空间对地观测技术越来越强调向高精度、高时空分辨率、高自动化程度方向发展。此外,空间技术的国际监测网更强调观测的持续性及自动化(包括自动观测、自动数据传输等);海洋和海平面变化研究强调卫星测高技术,与验潮站资料的同化处理,特别是 GPS 技术与验潮观测的结合,使监测海平面变化精度有更新的提高;GPS 气象学成为当前国际上的前沿热点,特别强调地基 GPS 气象学与空基 GPS 气象学的结合,以达到时空分辨率的互补性;监测全球大气变化的星载 GPS 气象学以及监测区域性大气变化的山基 GPS 气象学与我们首先提出的具有控制掩星点位置的特殊轨道的星载 GPS 小卫星在气象学中的应用正成为当前国际上该领域的重大发展和主攻方向;以监测地球重力场时变特性为目的的新的卫星重力场计划开始相继出台,其中德国主持的 CHAMP 计划、美国和德国联合主持的 GRACE 计划以及欧空局的 GOCE 计划有的刚刚启动,有的即将启动,将使地球重力场的测定及其应用出现革命性的新局面。当前这方面研究的主攻方向是如何高速、高精度地处理海量的卫星测量资料,以及如何从重力场的时变特性反演出地球各物质运动的时变性。

此外,综合孔径雷达干涉(InSAR)技术具有全天候、全天时成像能力以及对一些地物表面的穿透

特点和连续空间覆盖特征,观测精度已达毫米级,在洋流、水文、极地变化、地震、火山灾害、地表沉降、森林和山体滑坡等领域得到越来越广泛的应用,从而为我们提供了前所未有的对地观测新途径。

5 一点思考

通过国际合作,加强了各国科学家之间的合作与交流,为我国首创的 APSG 国际合作计划的发展起到了进一步的推进作用。APSG 计划在研究内容、课题划分、组织结构等方面都得到了不断的完善与发展,受到中国政府和越来越多的国家的关心与重视,进入了正常发展轨道,使我国在该研究领域的国际地位日益提高。合作期间,取得的研究成果曾分别获得国家科技进步奖二等奖、三等奖,上海市科技进步奖一等奖及中国科学院科技进步奖二等奖等。此外,通过“百人计划”等多种形式,培养和造就了一批在 APSG 计划中的青年科研骨干。

APSG 计划在短短数年中由启动渐渐进入了发展轨道,但是它的发展比我们期望的要缓慢。我们在主持该计划中遇到不少困难,在计划中的核心地位也遇到了澳大利亚等国的挑战。其主要问题在于我们财力不足。因此,在组织国际会议、联测、课题研究方面,在建立数据库、数据传输、通讯、出版等方面都显得力不从心。

(相关图片请见封三)

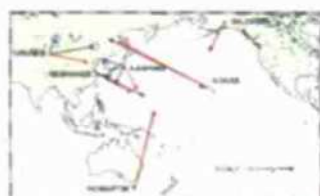
APSG — 中国人执牛耳的 国际合作计划



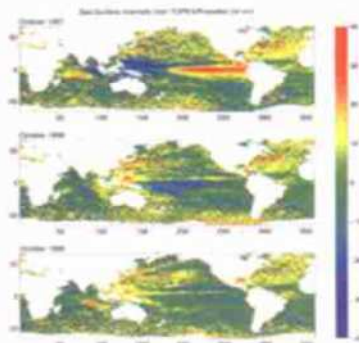
▲ APSG 秘书处 (现称中央局), 设在上海天文台 (1996年5月13日成立于上海)



▲ APSG 第四届国际会议开幕式 (2001年5月14日—19日于上海)

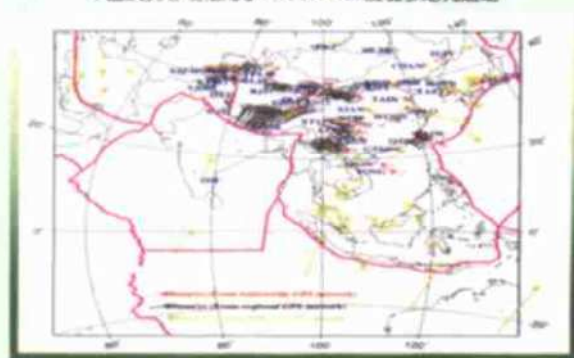


▲ 西太平洋 VLBI 测量板块运动结果 (黑色箭头表示 VLBI 实测结果, 红色箭头表示板块运动模型 (NNR-NUVEL-1A) 计算结果, 蓝色箭头表示实测与理论结果的差异)



▲ 用 TOPEX/Poseidon 海洋测高卫星资料归算出 1997—1998 年 El Niño 事件期间和 1998—1999 年 La Niña 事件期间的月均海平面高度异常

中国及其邻域相对于 ITRF2000VEL 的现今地壳运动



▲ — 国家 GPS 网, - 区域 GPS 网, ... 亚太 GPS 网



▲ 地球自转变化的成因机理



▲ APSG 计划的 VLBI、SLR 国际联测网



▲ 上海天文台卫星激光测距 (SLR)