

第二十届 I U G G 地壳运动与地震研究 专题译文集

王静瑶 徐菊生 编
万巨发 胡瑞华



国家地震局地震研究所 情报研究室
湖北省地震局

第二十届 IUGG
地壳运动与地震
专题译文集

王静瑶 徐菊生 编
万巨发 胡瑞华

责任编辑:王晓权

※

测绘科技大学印刷厂印刷

※

787×1092 1/16 印张 16 400 千字
1992 年 6 月第一版 1992 年 6 月第一次印刷
印数 001—500

[1992]鄂省图内字第 34 号

工本费:10.00 元

序

四年一次的国际大地测量与地球物理联合会(IUGG)于1991年8月11—24日在奥地利首都维也纳召开了第二十届大会。大会共有7个分会,其中IAG分会在维也纳工业大学进行,共有论文416篇,该分会分G、GM系统活动。G系统主要介绍在学科共性面较普遍的论文,有关地球动力学的规划问题;地区性重力场和大地水准面的确定问题;拉丁美洲大地测量和重力测量的控制问题;用于地球动力学和大地测量学的永久性卫星跟踪网的讨论问题;国际GPS地球动力学服务网的设计、作业和国际GPS合作网的现状讨论;空间和机载重力场的测定等问题。GM系统主要介绍各学科组、专业委员会、专题研究组所研究的内容和成果,其内容有:与定位精度有关的整体和惯性大地测量,地区参考系的理论与实践,大气对大地测量精度的影响,GPS数据处理,误差模型,结果分析,概值不确定性解算,动态应用及质量控制;先进的空间技术;重力场的测定;大地水准面的测定;大地测量中重力仪与其它技术结合(如GPS)研究地壳垂直运动、断层活动、地壳形变、地震活动性等问题;大地测量的反演问题;与地球动力学有关的地球自转、极移、章动;用GPS监测现代地壳运动、测定海平面、地壳形变、大地点位控制,地球固体潮等问题;大地测量相对论效应问题。

从大会提供的学术报告内容看,近代科学技术的发展,特别是近几年来空间大地测量技术的兴起,大地测量已不仅是为了研究地球形状大小和重力的一门科学,地壳形变测量亦不仅仅是从各自互不相关的独立的各种几何信息变化量的特征为基础来研究地壳形变与地震关系的一门学科,它们已逐渐与其它学科相结合(地球动力学、构造物理学、构造地质学、地壳形变动力学、天体物理学、天文学等),在学术研究思路从全球性、整体性观念来研究地球各圈(大气圈、水圈、冰圈、岩石圈、软流圈、上地幔、下地幔、地核)的动态变化及其各圈之间的因果关系,促使地学科学从不同的角度,更客观地研究地球的各种动力现象。在应用技术上已形成以空间技术(VLBI、SLR、GPS、GLRS、SA、AG、航空重力梯度仪(AGG))为核心,结合常规的地面大地测量手段来研究地球物理量和几何量的动态变化。理论研究正着手研究将几何量和物理量统一在一个整体模型来研究地壳运动与力源机制的关系,由于高效益的计算技术的不断更新,进一步鼓励了大地测量工作者冲破静态地学观,为建立地球的动态模型而奋斗,不久的将来必出现统一的惯性坐标系统中研究地球的四维动态变化量,这个系统亦适合于监测诸如极移、地球自转速度变化及板块运动,从而亦更有利于进一步深入研究与地震有关的地壳形变前兆信息和构造应力场的问题。

译文的出版,有助于了解当前IAG、IASPEI领域内科技发展的动向,科研成果的应用情况和水平,比较我国科技水平与国际水平的差距,分析一些情况,有利于推动大地测量学科与地震学、构造物理学等其它学科的相互渗透共同发展。

邵占英

前 言

1991年8月11—24日在奥地利首都维也纳召开了第二十届国际大地测量与地球物理联合会(IUGG)。该会规模空前盛大,云集了世界著名的科学家,他们欢聚一堂共同回顾了近四年来(1987—1991年)的重要成就,提出了今后深入研究的计划和方向。为将本届大会关于地学领域的研究情况及时传递给有关的科研和工程技术人员以推动地震事业的发展,正值中国地震学会第四次学术大会及各专业委员会学术年会召开之际,我们特组织了各专业的科研人员将从本届大会收集到的资料进行了编译。在中国地震学会地壳形变测量专业委员会的关怀和支持下,本专集得以及时地和读者见面。在本译文集中,首先简要介绍了本届 IUGG 大会及 IAG、IASPEI 学术讨论概况,然后分为四个部分进行专项介绍:

第一部分是大地测量国家报告。主要反映美国、苏联、德国、英国、日本、芬兰、新西兰、奥地利和意大利等国家近四年来(1987—1991年)的主要成就和未来的方向。

第二部分是美国、意大利地震学研究报告。主要反映美国、意大利近四年来在地震学、震源动力学、强震地震学和地震构造学等方面的重要进展和贡献。

第三部分是美国构造物理学研究报告。主要反映美国近四年来在构造物理,板块运动、层析成像、断层力学等方面的重要进展和贡献。

第四部分是专题讨论要览、论文提要与学术活动报告。该部分以学术讨论要览,提要和活动报告的方式基本上反映了本届 IUGG 大会关于地学领域特别是地壳运动与地震研究方面的概貌。其中国际大地测量协会(IAG)专题讨论要览反映了大地测量学方面的重要贡献和未来的计划和方向。联合会交叉学科主要专题讨论要览反映了地球物理结构和演化过程间的相互作用,非线性动力学及对临界地球物理现象的预测能力,重力测量和空间技术在地球动力学和海洋动力学中的应用,地球深部动力学与地球自转等方面的重要进展。为了进一步了解当代热门的课题“非线性动力学及对临界地球物理现象的预测能力”,特将该专题讨论中与地学有关的论文提要作了重点介绍。

由于收集到的资料内容丰富而宝贵,为便于了解其精髓,将提交给本届大会的原版国家报告,研究报告和专题讨论要览等进行了编译。对于带有方向性的重要评论文章和研究论文则给予全文译出,对于有的长篇文章限于篇幅只编译了其中与本专集主题有关的部分。

本专集的编译出版是落实国家地震局下达的“国内外形变测量的现状与发展方向”这一情报研究课题的一项重要前期工作。在编译过程中,得到中国地震学会地壳形变专业委员会陈鑫连以及国家地震局地震研究所有关领导邵占英、赖锡安等同志的关心,局科技监测司肖庆达同志也十分重视此项工作。由于各级领导的关怀和科研人员的密切配合,使专集得以如期付梓,在此对他们以及提供会议资料的同志表示深切感谢。

由于涉及的专业面广而深,出现许多新概念、新理论、新技术和新方法,同时对这样的国际性大会进行全面介绍尚属首次,因此若有不妥之处请指正,并希望提出宝贵的意见。

编 者

1992年4月

目 录

第二十八届国际大地测量与地球物理联合会暨 IAG、IASPEI 学术讨论简介	(1)
--	-------

第一部分 大地测量国家报告

美国 1987—1990 年大地测量国家报告

大地测量评论	Robert W. King (6)
大地测量理论	Joseph D. Zund (8)
重力测量与重力场模型	Christopher Jekeli (12)
现代板块运动与地壳形变	Michael Lisowski (22)
地球自转	Thomas A. Herring (28)
参考网(控制测量)	William E. Strange 等 (33)
卫星定位	Oscar L. Colombo 等 (37)
射电干涉测量	Jim R. Ray (47)
行星大地测量	Peter C. Thomas (57)

苏联 1987—1991 年大地测量国家报告

现代地壳运动研究	В. И. Кафтан 等 (64)
高精度重力测量	А. В. Копеев 等 (70)
重力非潮汐变化研究	Т. Е. Демьянова (72)
空间大地测量研究	П. П. Медведев 等 (74)
物理大地测量	Л. П. Пеллинен (76)

德国 1987—1991 年大地测量国家报告

E. Grafarend 等 (79)

芬兰 1987—1991 年大地测量国家报告

Juhani Kakkuri (82)

英国 1987—1990 年大地测量国家报告

英国皇家学会 (84)

日本 1987—1990 年大地测量国家报告

日本大地测量委员会与大地测量协会 (92)

新西兰 1987—1990 年大地测量国家报告

新西兰大地测量与地球物理国家委员会 (100)

奥地利大地测量国家报告

奥地利大地测量委员会 (103)

GPS 载波相位模糊度分辨方法

B. Hofmann-Wellenhof 等 (106)

意大利 1987—1990 年大地测量国家报告

C. Morli (111)

第二部分 美国、意大利地震学研究报告

美国 1986—1990 年地震学研究

Thomas H. Heaton (116)

地壳内部地震研究

Law rence W. Braile (120)

震源动力学、地震辐射与应力

James N. Brune (125)

波的传播理论与合成地震图	Charles A. Langston(135)
强震地震学	John G. Andrssson(137)
地震构造学	Egill Hauksson(143)
地球构造、地幔与地核	T. G. Masters(149)
意大利 1987—1990 年地震与地球内部物理研究报告	E. Boschi 等(155)

第三部分 美国构造物理学研究报告

美国 1987—1990 年构造物理学研究	Stephen H. Kirby(160)
板块运动	Richard G. Gordon(166)
层析成象、大地水准面与板块运动	Carl W. Gable 等(178)
断层力学	Paul Segall(183)
岩石圈应力与活动断层强度	Stephen H. Hickman(194)
美国 1987—1990 年活动构造研究	Ray J. Weldon(198)
洋中脊动力学:观测与理论	Jason Phipps Morgan(204)

第四部分 专题讨论要览、论文提要与学术活动报告

第二十届 IUGG 交叉学科主要专题讨论要览	(209)
U ₄ :“非线性动力学及对临界地球物理现象预测能力”	
专题讨论论文提要	(215)
第二十届 IUGG 国际大地测量协会(IAG)专题讨论要览	(224)
1987—1991 年 IAG 第三分部活动报告	Ichiro NAKAGAWA(234)
国际重力委员会的报告	James G. Janner(238)
专门研究组 3.110 的报告(局部重力场的变化)	Erwin Groten(241)

第二十八届国际大地测量与地球物理联合会 暨 IAG、IASPEI 学术讨论简介

IUGG 简介

第二十八届国际大地测量与地球物理联合会(IUGG)于1991年8月11—24日在奥地利首都维也纳举行。盛况空前,约有5500余人参加,提出了4000余篇论文,中国海峡两岸共有170余人参加。

IUGG 全体大会通常每四年召开一次,第二十一届 IUGG 将于1995年7月3日—14日在美国科罗拉多州博尔德举行。由美国犹他大学的 David S. Chapman〔美国地球物理联合会(AGU)现任会议主席〕任委员会主席,拟定1995年 IUGG 全会的科学计划,预计将有5000多科学家参加。

IUGG 成立于1919年,现有78个会员国,其中非洲17个,亚洲21个,欧洲27个,大洋洲2个,中美洲和北美洲5个,南美洲6个。

该联合会是国际上专门研究地球并将其所获知识应用于诸如矿物资源的合理使用,自然灾害的减轻以及环境保护等方面社会需要的国际性学术组织。

该会宗旨是促进与协调对于地球及其周围空间环境的物理、化学和数学的研究,包括地球的形状,地球重力场与磁场,地球作为整体及其各部分的动力,地球内部结构,水圈包括冰雪、海洋、大气、游离层、磁层以及日地关系的各方面,月亮与其它行星的相似问题等。该会经常支持与组织国际上多学科性研究计划,例如国际地球物理年(1957—1958),上地幔计划(1964—1970),地球动力学计划(1972—1979),全球大气研究计划(1970—1980)以及国际岩石圈计划(1981—1990)等,由国际科学协会理事会(ICSU)领导下的世界数据中心(WDC)在国际计划执行期间所收集的资料对于各国科学家的研究工作正在起着日益重要的作用。

本次为第二十八届全体大会。在本次大会的两周会议期间,IUGG 共组织了其直属的学术活动计有四次学术讲演与十五组具有交叉学科性主题的专业学术讨论会。联合会所属七个国际协会如下:

1. 国际大地测量协会(IAG)
2. 国际地震学与地球内部物理学协会(IASPEI)
3. 国际火山学与地球内部化学协会(IAVCEI)
4. 国际地磁学与高层大气物理学协会(IAGA)
5. 国际气象学和大气物理学协会(IAMAP)
6. 国际水文科学协会(IAHS)
7. 国际海洋物理科学协会(IAPSO)

这七个国际协会在此期间同时举行会议,各自组织学术活动,又有协同性并经常联合组织共同的学术会议。

本届联合会学术讲演

- G. Wasserburg 地球内部物质的运动(略)
H. K. Moffatt 地磁-过去的成就和未来的挑战
P. Melchior 地球、月球系统中的潮汐相互作用
S. J. Bauer 电离层、空间的界面
A. Monin 关于浑沌现象的预测能力

联合会交叉学科专题学术讨论会

- U1 地球物理结构和演化过程间的相互作用
U2 全球气候子系统间的物质流动
U3 现代地球物理学中的主要难题或悖论
U4 非线性动力学及对临界地球物理现象的预测能力
U5 重力测量和空间技术在地球动力学和海洋动力学中的应用
U6 地球深部动力学和地球自转
U7 人类活动和自然外力对中大气圈层的影响
U8 作为地球物理作用力的水和冰
U9 极冰、海洋和大气之间的动力和热力耦合
U10 地形数据库在地球动力学预测和解释中的应用
U11 陆缘海盆地下部的结构
U12 地球和行星的化学演变
U13 海平面变化:测定和效应
U14 全球气候变化:过程和预测
U15 空间技术的环境效应:模型和预测

IAG 学术讨论与会讯

国际大地测量协会(IAG)专题讨论会议程

- G1 国际大地测量协会,全美地理、历史研究协会第二届联合讨论会
G1.1 拉丁美洲大地测量和重力测量的控制问题
G1.2 局部重力场和大地水准面测定/地球动力学研究计划(1)
G1.3 地球动力学研究计划(2)

G2 大地测量和地球动力学永久性卫星跟踪网讨论会
G2.1 国际 GPS 地球动力学服务(IGS)
G2.2 大地测量和地球动力学跟踪网

G3 利用空间和航空测量方法对重力场的测定
G3.1 空间技术 I:长波长
G3.2 空间技术 II:高分辨问题

G3.4 航空技术 I:新的成果

G3.5 航空技术 II:新的方向

IAG 学术研讨会主要项目

GM1 第一分部 定位

GM1.1 委员会和专门研究组(SSG)的分部报告

GM1.2 专门研究组的报告

CM1.3 整体和惯性大地测量

CM1.4 大地测量中的空气效应

CM1.5 GPS 数据分析

CM1.6 局部参考系的理论与实践

CM1/4 CM1 和 CM4 联合会议:GPS 技术和应用

CM1/4.1 技术和误差模型

CM1/4.2 模糊度和周跳解决方法

CM1/4.3 动态 GPS 应用和质量控制

CM2 第二分部 先进的空间技术

CM2.1 专门研究组(SSG)分部报告和先进的空间技术(1)

CM2.2 专门研究组的 CSTG 报告和先进的空间技术(2)

CM2.3 空间甚长基线干涉测量

CM3 第三分部 重力场的测定

CM3.1 委员会和专门研究组的分部报告

CM3.2 重力、第五种力和重力测量

CM3.3 重力场求定及有关的问题

CM3/4 GM3 和 CM4 联合会议:大地水准面的求定方法

CM3/4.1 区域大地水准面的精确求定

CM3/4.2 数据处理技术和大地水准面的实际计算

CM3/4.4 山区大地水准面

CM3/5 CM3 和 CM5 联合学术会议:重力测量和其它大地测量技术的结合及其应用

CM3/5.1 重力测量和其它大地测量技术的结合及其应用(1)

CM3/5.2 重力测量和其它大地测量技术的结合及其应用(2)

CM4 第四分部 理论与方法

CM4.1 第四分部特讯(1)

CM4.2 第四分部特讯(2)

- CM4.3 粗差验估
- CM4.4 评估问题
- CM4.5 大地测量中的相对论效应
- CM4.6 边值问题
- CM4.7 大地测量反演问题
- CM4.8 微分大地测量及其数值计算

CM5 第五分部 地球动力学

- CM5.1 委员会和专门研究组的分部报告
- CM5.2 地球自转
- CM5.3 地球动力学
- CM5.4 固体潮会议

(上述更详细的内容见本专集“**LAG 专题讨论要览**”)

1992—1995 年国际大地测量协会的机构

在本届大会期间,进行了下届(1992—1995)协会机构和人员改选召开了数次执行委员会并对今后的大地测量发展和研究进行了深入的讨论。

机构与负责人

主席:托尔格(W. Torge),德国

副主席:施瓦茨(P. Schwarz),加拿大

副主席:陈俊勇,中国

秘书长:布歇(C. Bouch),法国

第一分部主席:普列莱宾(M. Prelepin),苏联

第二分部主席:莱茵格贝尔(CH. Reigber),德国

第三分部主席:文采尔(H. G. Wenzel),德国

第四分部主席:赛索(F. Sanro),意大利

第五分部主席:迪盖(J. Dikey),美国

各分部下署委员会、专门委员会、专门研究组并设主席。

1992—1995 年 IAG 召开的国际学术会议:

- (1) 第六次“卫星定位”国际学术讨论会,1992. 3. 17—20,美国俄亥俄州立大学(OSU)。
- (2) “大地测量中信号在大气中的传播折射”学术讨论会,1992. 5. 19—22,荷兰豪格(Hague)。
- (3) “大地测量对海洋法的作用和意义”,1992. 5,印尼巴厘。
- (4) 国际理论大地测量暑期学校“大地测量学和海洋学中的卫星测高仪”, 1992. 5. 25—6. 6,意大利里雅斯特。
- (5) “天文测量的进展及其对天体物理和地球动力学的作用”学术讨论会, 1992. 9. 19—22,中国上海。
- (6) 第三次奥尔洛夫会议,“用天文、地球物理、大地测量诸方法对地球的研究” 1992.

9. 21—26, 苏联敖得萨。

(7) 第七次“大地测量和地球形状”国际学术讨论会, 1992. 10. 5—10, 德国波茨坦。

(8) “制图学和大地测量学”国际会议, 1992. 11. 24—12. 3, 委内瑞拉麦拉卡勃。

(9) 国际大地测量大会 1993. 8. 9—16, 中国北京。

(10) 第八次“现代地壳运动”国际学术讨论会, 1993. 12. 6—11, 日本科勃。

IASPEI 学术讨论概要

国际地震学与地球内部物理协会 (IASPEI) 在大会期间召开了 11 组专题学术讨论会:

- S1 地震灾害与危险
- S2 复合构造在地震解释中的进展
- S3 大陆岩石圈中的板块构造特征
- S4 剪切波和剪切波的分裂
- S5 震源
- S6 横向不均匀性和地震定位
- S7 强运动记录在地震学问题中的应用
- S8 热流、岩石力学和地震活动性
- S9 岩石圈形变的物理过程: 观测, 实验和数字模拟
- S10 地球内部的物理特性: 从地幔到地核
- S11 海啸自然灾害的减轻

还有地震灾害和预测等 10 组学术会; 全球和区域地球物理网、固体地球物理构造中的结构数据库、地震震级的测定、数字地震图的分析、个人计算机在地球物理学中的应用以及海洋地震台网等 15 组研讨会; 地震过程的模拟、地震前兆实证的记载、地震活动性图象、地壳形变以及根据多种参数进行地震综合预报等 9 组工作组会。

王静瑶

大地测量评论

Robert W. King

(美国麻省理工学院, 地球、大气和行星科学系)

在 1987 年至 1990 年间, 美国大地测量共同体及其国际同行们一道, 对过去十年空间大地测量所作出的显著进展未能及时评价, 并对其未来科技发展的先导作用未能引起重视。为了促进这项工作, 国家研究委员会大地测量专业委员会在 1987 年秋季美国地球物理联合会上组织了一次专门会议。1988 年夏天, 科学文化 E. Majorana 中心所属的大地测量国际讲习班在意大利西西里岛(Erice, Sicily)主办了“空间大地测量学在交叉学科中的作用”专题学术讨论会, 由 45 名美国科学家、工程师和项目主持人参加了这次会议。Erice 专题学术讨论会的报告已成为包括大地测量研究机构在内的所有各主要政府机构系列研究和计划会议的基础。

Erice 专题学术报告会为阅读这四年一度的学科评论报告提供了一个通用的格式。在这次会上有 11 项特别建议, 其中直接与目前美国大地测量研究有关的有 8 项, 它们可归纳为如下三个论题:

1) 探求利用空间技术和地面观测的具有生命力的研究途径来改进我们对重力场和海洋环境的认识;

2) 继续并扩大精密相对定位测量以表征地壳形变;

3) 对目前适用于监测地球自转矢量变化的高精度及空间分辨率问题作进一步改进。

Erice 专题学术讨论会的附加建议涉及到测定地球磁场的新空间使命, 另一期美国国家委员会报告对此作了讨论, 附加建议涉及到地形数据库改进和空间大地测量教育方面的问题, 这些问题本应在这一部分中讨论, 但却未予讨论。

大地测量中涉及的问题比任何其它问题都多, 海面地形的研究要求多种学科途径。有一句谚语: “一个人的信号却是另一个人的噪音”, 这句话对卫星测高来说再真实不过了。对于卫星测高, 风及环流的作用对海洋地形是有意义的, 但对海面高度处的大地水准面信号却变得模糊不清。关于卫星测高的地球物理应用的评论中, Sandwell[本期]指出 Geosat 卫星是实现卫星测高全部以恢复海洋大地水准面和重力场的第一颗卫星。近三年来的许多文献, 包括 JGR 的一期海洋专刊都反映了 Geosat 卫星所作的贡献。海洋大地水准面的分析已用于研究随年代的消逝而不断冷却的岩石圈、岩石圈结构的补偿深度、以及在太平洋和印度洋中的线性重力异常。

为联合不同的资料已由更高精度的观测和更高效的计算技术得出了改进的全球大地水准面模型[Jekeli, 本期]。在观测精度方面的最重要改进是 Lageos 和 Starlette 卫星激光跟踪得到应用。Colombo 和 Watkins 在此作了评论[本期]。联合卫星跟踪、卫星测高和地面重力测量使两种高分辨率的新重力模型得以发展, 这两种模型是由戈达德宇宙飞行中心(GEM-T3)和得克萨斯(Texas)大学(TEG-1)发展的。海军研究实验室改进了航空重力测量系统。美国国防制图局允许用近地面测量技术, 大大地扩大了所复盖的大陆地区。为致力于卫星飞行的研究和计划

继续执行,这就能改进大陆地区的高阶大地水准面,并能观测到由于冰后期回跳以及水和冰川重新分布而引起的时间变化。

已改进的重力场观测对分析这些观测资料所需要的理论和计算技术来说是件有意义的工作[Zund,本期],尤其是这些技术包括用快速付里叶变换(FFT)来分析局部重力异常。近三年来,大地测量学最重要的应用之一是在短距离测程内作了一系列试验,以测定非牛顿效应对重力的贡献,即所谓“第五种力”。Jekeli对这些试验进行了广泛的讨论。

没有一种近代测量技术能象美国国防部GPS的发展一样,能如此渗入到大地测量学之中。尽管应用于导航和测量的方式不同,但GPS几乎对所有大地测量应用都能提供够精度水平的相对定位如测高卫星的轨道测定、航空重力仪和摄影测量仪定位、工程建筑物的监测、民用测量技术的保证、地球自转的监测以及地壳形变测量等。但在本期报告集中只有两篇讨论了这些应用的一个或几个方面。Jekeli,Colombo和Watkins讨论了GPS在卫星和飞机跟踪中的应用;Strange和Zilkoski[本期]强调GPS的首要使命是布设水平控制和垂直控制,而Herring[本期]认为GPS未来在观测地球自转的高频率变化方面可能会起作用。近四年来,GPS在大地测量学中最突出的应用是在地壳形变研究方面[Lisowski,本期]。1986年在美国科学基金会的创办下组织了美国大学导航星工作组(UNAVCO),并资助了世界各地12次作业。增加的一些观测作业由Jet Propulsion实验室执行,而GPS工作已成为美国国防制图局、大地测量局、地调局和许多州立机构的主要工作部分[Lisowski,Strange和Zilkoski]。

GPS在大地测量方面的应用之所以成为可能,其大部分原因是由于人卫激光测距和甚长基线干涉仪的成功利用。Colombo和Watkins及Ray(本期)讨论了技术和分析完善的种种方法,这些技术的发展才丰富了GPS研究。对Lageos卫星所发展的静态的和由潮汐引起的重力场精确模型,对大多数GPS应用来说可使它们的误差减到可以略去不计的水平。许多研究致力于改善VLBI观测中对流层效应的模型,这些研究现在正被用于GPS分析。Colombo和Watkins,Ray,Lisowski,以及Herring从VLBI和SLR观测,以及GPS地球参考格架的重要性出发,讨论了在实现这个格架(坐标和速度)中的新近进展。

由于VLBI、SLR和GPS所达到的高精度激起了人们对大地测量理论中相对论效应的更大注意。1987年在加拿大温哥华举行的IUGG大会期间,IAG第一专题讨论会曾致力于这一论题,Zund,Colombo和Watkins及Ray引证了近期重要研究中的几项结果。

测定地球自转在提供地球内部结构模型约束和全球大气模型方面变得越来越大为有用。近三年来最显著的成果是论证了高频大气起伏和极移之间相关,对日长变化为10年到2周时间尺度的源进行了定量分析,以及几乎彻底解决了章动的实际观测值与理论值之间的差异[Herring]。

Thomas[本期]评论了美国科学家对行星大地测量学的贡献和任务。飞越天王星和海王星的Voyager2号宇宙飞船使我们对有关这两颗行星及其卫星的质量、大小和形状方面的知识大大丰富了。较早期资料的重新分析精化了水星和金星的质量和重力场,以及几颗小行星和火星、木星、土星的卫星质量和形状。Thomas概括了太阳系中所有行星大地测量参数新近的最佳估计结果。

译自《U. S. National Report 1987—1990》,Contributions in Geodesy, 121—122, 20th IUGG, 1991

王静瑶 译 刘鼎文 校

大地测量理论

Joseph D. Zund

(美国新墨西哥州大学数学科学系)

引言

这篇评论基本遵照 Colombo 1983—1986 年报告的题目格式,而另增加了两个新的论题:微分大地测量学和相对论大地测量学。如同在 Colombo 的评论中一样,本文特别注重那些包含新方法和方法论的文章。本报告中,对 C. Jekeli 发表的重力测量和重力场模型的有关评论也着重作了说明。

物理大地测量学

从理论和实践的观点来看,用大地位球谐展式来解析表达和模拟重力场所引起的兴趣正方兴未艾。

Pavlis (1988) 和 Pavlis 及 Rapp (1990) 分别研究了由地面资料建立低阶和高阶大地位模型的问题。Riovolos (1988a, b, 1989) 应用 Bjerhannmar 和 Hardy 的预测因子研究了重力场的近似问题。Hardy (1990) 综合评论了他所提出的方法,该法如同高次方双调和函数方法一样,也是大家所知的,Hardy 还列出了许多有关的参考文献。Despotakis (1987) 在激光跟踪站检验了由 Molodenskii 和 Sjöberg 方法所计算的重力大地水准面起伏。Wang 和 Rapp (1990) 也考虑了大地水准面起伏的地形效应。Rummel 等人 (1988) 将椭球调和展式展开到 180 阶来描述大地位,并将它与地球的全球模型或均衡模型作了比较。Rapp (1989a) 讨论了地形的重力位频谱。Turcotte (1990) 注意到 Rapp 的频谱函数可解释为一种分形问题。Wang (1989a) 也考虑了大地边界值解的地形效应和重力梯度仪资料的归算问题。

Jekeli (1988) 给出了椭球调和函数和球调和函数之间的精确转换及反演公式。Gleason (1988a; 1989a, b) 对这些调和函数频谱中椭球改正作了比较。Jekeli (1987) 研究了在无密度假设条件下的航空重力测量数据的向下延拓问题,而 Gleason (1988b) 推导了积分预测因子向下连续的核函数。Bose (1987) 描述了一种处理航空重力梯度仪资料的技术,以估算地面重力扰动。Tsaoussi (1989) 用最小二乘拟合推估研究了超定大地边值问题和扰动位球谐系数的估值。Baker (1988) 效仿 Meiss 的做法把有限元方法应用于异常位的大地边值问题。

Hofstetter 和 Lister (1989a, b) 对大尺度大地水准面信号考虑了大地水准面异常的均衡效应。Rubincam 等 (1989) 提出了牛顿引力常数的地球物理测定问题。本文据 Jekeli 的评论对牛顿定律有效性的争论状况作出了述评。

快速傅里叶变换 (FFT) 提供了处理各种大地测量问题的新方法。对于出现在物理大地测

量中的褶积积分的有效数字评论问题 FFT 是一个有效的工具,并且特别适用于处理数据非均匀性和复杂地形问题。

FFT 的应用包括:卫星大地测量中偏心率和倾斜函数的计算(Goad,1987);用二维 FFT 计算重力异常资料的 Vening-Meinesz 积分的奇异分量问题的算法(Zavattero,1987),模拟重力场的地形改正算法(Harrison 和 Dickinson,1989);Zhao(1989)Nagy 和 Fury(1989)的局部大地水准面计算;Wang(1988,1989b)提出空间重力异常的向下延拓;而 Gleason(1990)考虑了由空间重力异常和高程数据推求地球表面上垂线偏差问题。为研究异常位,由 Zucker(1989)讨论了离散付里叶方法,其中包括卡尔曼滤波(Kalman filters)。Cogbill(1990)利用加密数字高程模型,对地形改正提供了较传统的数字技术。

Milbert(1988)利用整体大地测量,借助最小二乘法导出几何和重力量的联合误差估值来模拟大地水准面差异。Jekeli(1989)研究了在最小二乘拟合推估中,对重力数据采用线性平均法的可能性。

1988 年 9 月在 Fort Lauderdale 举行了地球重力场测定进展的查普曼(Chapman)会议,并由 Rapp(1989b)主编了出版论文集。

卫星大地测量学

卫星大地测量学在大地测量战略设想中继续起着重要作用,而且卫星测量的有效性几乎影响着本评论中所考虑的每一个主题。

Colombo(1988,1989a)对由卫星重力梯度仪得到的高分辨重力图,研究了数据分析方案,Colombo(1989b)对 GPS 卫星星历误差的动态分布作了详细的讨论。Rapp(1989c)讨论了卫星重力梯度仪飞行的信号分析及可达到的精度问题。Wagner(1987a)对于非相关的谐振资料特别强调调用 TOPEX 来研究重力模型的精度,并在论文(1989a)中运用了相关数据,以进行校核。Dedes(1987),Dedes 和 Mueller(1989)利用卫星激光跟踪的半动态法研究了基线的估算问题。为了对卫星跟踪系统的最佳数据加权及对引力参数估值的误差校核,Lerch(1989)推导了一种新的方法。

Rosborough 和 Tapley(1987)研究了一般的径向轨道摄动,Engelis(1988)讨论了由大地位的不确定性所引起的归算径向轨道误差问题,而 Rosborough(1989)按地理位置测定了相关轨道误差。Wagner(1987)对大地位轨道变化的误差作了分析。Goad(1987)给出了较高阶的卫星偏心率,倾斜函数及其导数的新测定结果。Melvin(1987,1989a)讨论了卫星大地测量使用 Orlov 平面的问题。Melvin(1988a,b)研究了重力梯度摆的八个天平动的图形及沿轨道飞行范围的各种模型。

Melvin(1989b)对卫星大地位作了谱分析,在他的论文中(1988c)根据 GEM-L₂,WGS84, RAPP81 和 OSU86 给出了大地位的计算机图像。Rubincam 和合作者们研究了 LAGEOS 轨道起伏现象中所观测到的各种效应:如 Rubincam(1987)研究了红外线辐射;Rubincam 等(1987)研究了各向异性反射;Rubincam(1988)研究了热曳;而 Rubincam(1990)对曳力效应作了综合评论。

研究专集中关于卫星大地测量论题有:Kaula(1987)的重力场卫星测量;Tapley(1989)关于轨道测定原理的评论;Rapp(1989d)关于卫星测量、高程测量和地面重力测量资料的联合处理;

Wagner(1989b)关于卫星测高的综合报告;以及 Colombo(1989c)关于重力场高分辨图的先进技术的论著等等。

潮汐和地球的自转

人们对潮汐海洋环流和地球自转等问题也极感兴趣。

Wahr 和 Dde Vries(1989)研究了地核内部横向结构存在的可能性及其对章动和潮汐观测的意义,而 Wahr(1990)对他测定的重力系数给出了修正。Dickman(1989)基于经典的拉普拉斯潮汐方程给出了日月潮汐的新球谐方法。

Chao 和合作者们研究了地球自转和引力场的各种效应。这些包括雪荷效应(Chao 等(1987));均匀海平面变化(Chao 和 O'Connor(1988a)),地球表面的水的季节变化(Chao 和 O'Connor(1988a)),Cheng 等(1989)研究了 Starlette 卫星轨道分析中由于潮汐和大气物质分布所引起的低阶带谐函数随时间变化的动力学效应。

Engelis(1987)研究了海面地形(SST)和高程测量的解算方法,Engelis(1988),Engelis 和 Knudsen(1989)论述了 SST 测定和海洋大地水准面的进一步应用问题。Rapp(1989e)也讨论了 SST 卫星测高数据的分析中永久潮汐效应的处理问题。Tapley 等(1988)和 Nerem 等(1990)基于卫星测高资料从重力场联合解分析了海洋环流。其后 Wanger(1989c)对他们的工作又进行了研究。

Archinal(1987),Archinal 和 Muelle(1989)研究了地球自转的测定和地球自转参数改进的问题。Davies 等(1989)完成并出版了 IAU/IAG/COSPAR 联合工作组关于行星和人造卫星的制图座标与旋转要素的报告。Mueller(1989)对地球动力学参考坐标作了改进。

平差理论

平差的数学理论及其相关的最小二乘技术仍是发展中的活跃学科。在近四年中,平差的数学理论有所改革,已涉及到非线性参数的平差方法。Blaha 和 Bessette(1989)已提出了张量形式的非线性理论。Blaha(1990)也研究了具有不等式约束的线性最小二乘平差的几何方法。在数学工具中,与平差理论有关的是 Hotine 转换因子。这些问题已由 Zund 和 Wilkes(1988)作了讨论,其后 Zund 等(1989)进一步推广到非正交参考坐标系。Schaffrin(1989)对稳健(robust)估计问题提出了一种补充的方法,当存在‘弱先验信息时’可把它看作为一种平差方法。

微分大地测量学

微分大地测量学是把微分几何学和张量微积分学应用于地球重力场研究的一门学科。在近四年中这一理论一直很活跃,从根本上来说,这部分是由 Hotine 和 Marussi 在他们的论著中提出的理论要点的继承性接受和批评性的核查研究所组成的。Marussi 1952 年在俄亥俄州立大学的讲座按编辑意见再次刊行发表(Marussi(1988));Zund(1989a)对 Marussi 在大地测量学所作的贡献极为赞赏;Zund(1990a)对 Marussi 和 Hotine 论著的数学基础作了详细的评论。

张量理论方法应用的一个基本问题是大地测量相关坐标系的可利用性问题。Zund 和 Moore(1987a)认为 Hotine 猜想是没有根据的,而这种猜想却是地面三重正交系存在的基础。这种猜想极为重要的出发点是 Cayley—Darboux 方程的非平凡性(Zund 和 Moore(1987b)),这种方程在构造理论气象学中类似的坐标系统中也曾出现过,如 Sharman, Keller 和 Wurtele(1988)文中就论及过这个问题。

Zund(1987)在他的论文中研究了二维和三维柯西—黎曼方程的张量形式和保角变换几何学。Zund(1988)基于连续群理论对特征球,椭球体和一般椭球体的对称性问题在理论上作了讨论。Zund(1989b)再次研究了 EÖTVÖS 挠曲平衡理论,表明该理论与表面微分几何学中的新张量方法有关。最后,Zund(1989c)论文中,把地球外部重力场的等位面族由 Marussi—Hotine 处理的数学和物理的必要条件重新化为拓扑形式的假定条件。这对坐标的作用,等位面上奇异性的嵌入和发生等问题作了一些澄清。

相对论大地测量学

相对论大地测量学仍处于幼年时代,第 19 届 IUGG 大会(1987,温哥华)注意到 IAG 第一专题讨论会致力于相对论大地测量学的讨论。大会组织了以 E. W. Grafarend 为首的专门研究组来听取这方面的学术报告。相对论大地测量学研究目标是在四维时空结构中,为把大地测量学问题重新用公式表示,而对所设计的参考系和概算方案要进行精巧的选取。对大地测量的许多场合,例如在深层宇宙空间甚长距离的 VLBI 测量,以及归化广义相对论的新实验测试的可能性方面允许增加更高阶的修正项。这些对许多大地测量工作者来说,是激动人心的挑战。将来,相对论大地测量学的重要性很可能与日俱增。

Hellings(1987)研究了天文时间测定的相对论效应,Ashby(1988)研究了 GPS 测量中可能出现的相对论效应。月球激光测距(LLR)数据的精度为相对论效应的测定提供了机会。Newhall 等(1988)考虑了行星星历坐标系时间转换和时间尺度等方面的相对论效应问题。在 1970 和 1986 年间获得的 LLR 数据,使得 Shapiro 等人(1988)能够从广义相对论预测出发来估算月亮轨道岁差(即 de Sitter 岁差)的偏移。Dickey 等(1989)研究了 de Sitter 岁差的量值及 Nordtvedt 效应的极限值问题,由 Nordtvedt 效应产生了强等效性原理的实验。Nordtvedt(1988a)建议研究引力—磁力相互作用,即运动物质间后牛顿引力的相互作用。而在 Nordtvedt 另一文中(1988b),讨论了引力—磁力作用对人造激光测距和月球激光测距二者的适用性问题。

Ries 等(1989a)研究了近地卫星的人造激光测距的测定问题以测定包括广义相对论改正在内的引力常数 CM。Ries 等(1988,1989b)和 Huang 等(1990)研究了近地卫星轨道测定的广义相对性的效应。

译自《U. S. National Report 1987—1990》,Contributions in Geodesy, 176—181, 20th IUGG, 1991

王静瑶 译 刘鼎文 校