

中国科学院

上海天文台年刊

Annals of Shanghai Observatory
Academia Sinica

16

1995

中国科学院上海天文台年刊编辑委员会编辑·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

第 16 期

No. 16

1995

中国科学院上海天文台年刊编辑委员会编辑
上海科学技术出版社

中国科学院上海天文台年刊

1995年 第16期

中国科学院上海天文台年刊编辑委员会编辑

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所经销 704 研究所印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 21 字数 500,000

1995年10月第1版 1995年10月第1次印刷

印数:1—500

ISBN7—5323—4091—0/P. 36

定价:31.20元

上海天文台年刊

第 16 期

目 录

日长年际变化与海平面纬向变化关系的初步分析.....	郑大伟 陈剑利 华英敏(1)
用 VLBI 和 SLR 实测数据解算现时板块运动参数的方法	孙付平 赵 铭(7)
地球自转速率变化中的非潮汐项	杨志根 E. Groten(14)
日长、大气角动量和太阳活动指数中 MJO 的子波变换分析.....	顾震年(21)
极移的半年振荡和大气激发的贡献	顾震年(27)
极移速度的周期分析	钱昌夏(35)
Evidence of Plumb Line Variations in Europe from Latitude Observations.....	
.....	Li Zhengxin and Qian Changxia(41)
* * * * *	
PDS 在天体测量中的应用技术 IV. 子集测量方法及总结	王家骥(49)
昴星团天体测量标准区的一份 J2000. 0 历元 FK5 系统参考星表	赵建洪 王家骥(53)
用两种方法推算星表系统差及其对地球自转参数的影响.....	
.....	金文敬 廖德春 须同祺 陆佩珍(76)
Influence of the Spectral Type of a Star on the Determination of Its Declination	
.....	S. Sadžakov, Z. Cvetkovic and M. Dačić(84)
* * * * *	
Geosat 卫星定轨中的大气阻力摄动	董晓军 黄 斌(89)
GPS 卫星广播星历的一种应用途径.....	熊永清 朱文耀(95)
对现有的具有变质量的限制性三体问题运动方程予以修正的证明.....	潘大钊(100)
1992 年 LAGEOS 卫星全球 SLR 标准点资料的分析	冯初刚 朱元兰(107)
1993 年上海天文台人卫激光观测报告	
.....	谭德同 陈菊平 张忠萍 陈婉珍 章建华 肖炽焜(113)
* * * * *	
疏散星团 NGC2286 的研究	田凯平 束成钢 赵君亮(124)
类星体 3C286 喷流的正弦状结构	张福俊(131)
高维静态流体球的 Einstein 场方程新解.....	沈有根(137)
DA 型和非 DA 型白矮星的目视表面亮度和半径的关系	陈 力 王家骥(143)
天琴 RR 型变星的速度椭球和空间速度	毛亚庆(150)
球单极的引力场和它在谐和坐标条件下的解.....	纪志浩(162)
3C454. 3 第二历元 327MHz VLBI 观测的模型拟合结果	洪晓瑜 蒋栋荣 万同山(166)
* * * * *	
佘山 1. 56 米望远镜 CCD 观测与预处理的规范化.....	林 清(169)
高密度 VLBI 数据采集系统磁头校准控制软件	薛祝和(176)
1993 年上海天文台 VLBI 观测概况	季德盛(182)
庐山“璇玑玉衡”的用途初析.....	郭盛炽(186)

GPS 时间比对数据的归化	胡锦涛(193)
国产氢原子钟是我国高精度时、频用户的最佳选择	翟造成(202)
HP-1000F 计算机在上海天文台的应用	
..... 周瑞仙 薛祝和 钱志瀚 郑大伟 罗时芳 陈剑利(211)	
上海天文台计算机中心的建立	谭小玉 庄雪娟 孙永源(215)
* * * * *	
全国射电天文数据和图象处理学术讨论会(序号:155)	(222)
Blazar 天体的快速射电变化和多频率结构函数分析	钱善堦(223)
视超光速源 3C345 中节点 C4 的内禀变化	钱善堦(228)
BLO 0716+714 的射电至 γ 射线辐射的喷流模型	钱善堦(233)
射电参考系的 VLBI 研究	须同祺(238)
视超光速运动在 3C390.3 中的再证认	吴盛殷(240)
相对论性射束模型的统计检验	洪晓瑜 蒋栋荣 万同山(245)
3C345 的低频 VLBI 观测研究	洪晓瑜 万同山(247)
银道面 H II 区复合体 G18.2-0.3 的射电及红外发射	
..... 孙 锦 吴月芳 梁世光 黄心永 季德盛(249)	
在强 IRAS 远红外源中搜寻新的 H_2O 脉泽源	
..... 孙 锦 唐歌实 范 英 吕 静 雷成明 韩 溥(251)	
行星状星云 M1-7, M1-16 和 VV47 的 CO 成图观测	
..... 孙 锦 张承岳 谢书定 唐歌实(252)	
主序前星 PP11 和 V1515 Cyg 成协分子云的 CO 成图观测	
..... 孙 锦 张承岳 谢书定 唐歌实(254)	
双极外向流源的亚毫米(COJ=3-2)的观测研究	吴月芳 M. Miller(256)
分子区域水脉泽的搜寻	吴月芳 吕 静 雷成明 毛瑞青 孙金江 张华伟 韩 溥(260)
恒星形成区 H_2O 脉泽的观测与研究	
..... 吴月芳 韩 溥 M. Miller N. Miller 吕 静 毛瑞青 孙金江(264)	
哈雷彗星和晚型星系统内羟基源观测特性的探讨	王蜀娟(266)
1991 年 5 月 10 日太阳射电爆发中 Spike 辐射的准周期振荡特征	李小聪 金声震(269)
射电天文与电离层行波扰动	韩文焄(273)
脉冲星观测及研究	康连生(276)
密云综合孔径射电望远镜的相加系统及相应软件	邱育海(280)
大视场射电图象中的自动搜源方法研究	曹 艾 张喜镇(282)
星系磁场的射电观测方法	韩金林(285)
谱线 VLBI 数据处理	蒋栋荣(289)
密云米波综合孔径的图象滤波及短基线增补	张喜镇(291)
小波理论及其在射电天文图象处理中的应用	余 庆 李建华(296)
用小波方法处理射电天文数据	颜毅华(300)
谱线处理软件的改进及 DRAWSPEC 数据处理软件包的移植简介	吕 静 周雪芽(305)
风云二号气象卫星地面站天线射电天文测量系统	杨文麟 袁惠仁(309)
21 世纪的射电天文学:仪器设备发展	万同山 洪晓瑜(313)

ANNALS OF SHANGHAI OBSERVATORY

No. 16

CONTENTS

Initial Analysis of the Relationship between Interannual Variation of LOD and Polewards Changes of Sea Level	<i>Zheng Dawei, Chen Jianli and Hua Yingmin</i> (1)
The Methods for Determining Plate Motion Parameters from VLBI and SLR Data.....	<i>Sun Fuping and Zhao Ming</i> (7)
Non-tidal Term in Secular Variation of Earth Rotation	<i>Yang Zhigen and E. Groten</i> (14)
The Wavelet Transform Analysis of MJO in the Length of Day, Atmospheric Angular Momentum and Solar Activity	<i>Gu Zhennian</i> (21)
The Semi-annual Oscillation of Polar Motion and Contribution of Atmospheric Excitation	<i>Gu Zhennian</i> (27)
Periodic Analysis of Velocity of Polar Motion	<i>Qian Changxia</i> (35)
Evidence of Plumb Line Variations in Europe from Latitude Observations.....	<i>Li Zhengxin and Qian Changxia</i> (41)
* * * * *	
Applied Techniques of PDS in Photographic Astrometry	
N. Method of Subset Measurement and Summary	<i>Wang Jiaji</i> (49)
A Catalogue of Reference Stars for the Astrometric Standard Region in the Pleiades on the J2000.0 FK5 System	<i>Zhao Jianhong and Wang Jiaji</i> (53)
The Influence of Two Methods for Determining Systematic Differences on Earth Rotation Parameters	<i>Jin Wenjing, Liao Dechun, Xu Tongqi and Lu Peizen</i> (76)
Influence of the Spectral Type of a Star on the Determination of Its Declination.....	<i>S. Sadzakov, Z. Cvetkovic and M. Dacic</i> (84)
* * * * *	
Atmospheric Drag Perturbation in Orbit Determination for Geosat Satellite.....	<i>Dong Xiaojun and Huang Cheng</i> (89)
A Way of Applying GPS Broadcast Ephemeris	<i>Xiong Yongqing and Zhu Wenyao</i> (95)
The Evidence of Correction to the Existent Motive Equations with Variable Mass in Restricted Three Body Problem	<i>Pan Dasa</i> (100)
An Analysis for Lageos SLR Global Normal Point Data of 1992.....	<i>Feng Chugang and Zhu Yuanlan</i> (107)
Satellite Laser Ranging Observation at Shanghai Observatory in 1993.....	<i>Tan Detong, Chen Juping, Zhang Zhongping, Chen Wanzhen, Zhang Jianhua and Xiao Chikun</i> (113)
* * * * *	
Studies on the Open Cluster NGC2286.....	<i>Tian Kaiping, Su Chenggang and Zhao Junliang</i> (124)
Sinusoidal Structure in the Jet of QSO 3C286	<i>Zhang Fujun</i> (131)

The Static Liquid Spherical New Solution of Einstein's Equation in Space—Time of Higher Dimensions	<i>Shen Yougen</i> (137)
Visual Surface Brightness and Radius of DA and non—DA White Dwarfs.....	<i>Chen Li and Wang Jiaji</i> (143)
Velocity Ellipsoid and Spatial Velocities of RR Lyrae Stars	<i>Mao Yaqing</i> (150)
Gravitational Fields of A Global Monopole and Its Solution in Harmonic Coordinates.....	<i>Ji Zhihao</i> (162)
Model Fitting Results of 3C454. 3 Observed at Second Epoch of 327MHz VLBI Observations	<i>Hong Xiaoyu, Jiang Dongrong and Wan Tongshan</i> (166)
* * * * *	
Standardization for CCD Observation and Pre—Process with 1. 56 Meter Telescope at ZÖ—SE Section, Shanghai Observatory	<i>Lin Qing</i> (169)
The Narrow Track Calibration Software for MK—3 Terminal of Shanghai Observatory.....	<i>Xue Zhuhe</i> (176)
VLBI Observations at Shanghai Observatory in 1993	<i>Ji Desheng</i> (182)
* * * * *	
On the Lushan “Xuan Ji Yu Heng”	<i>Guo Shengchi</i> (186)
* * * * *	
The Normalization of GPS Time Comparative Data	<i>Hu Jinlun</i> (193)
Hydrogen Clocks are Optimum Selection for High Precision Time and Frequency Applications in China	<i>Zhai Zaocheng</i> (202)
* * * * *	
The Application of HP—1000F Computer in Shanghai Observatory	
<i>Zhou Ruixian ,Xue Zhuhe ,Qian Zhihan,Zheng Dawei,Luo Shifang and Chen Jianli</i> (211)	
Set up the Computer Center at Shanghai Observatory.....	<i>Tan Xiaoyu,Zhuang Xuejuan and Sun Yongyuan</i> (215)
* * * * *	
CAS Symposium No. 155;Workshop on Data Reduction and Imaging in Radio Astronomy	(222)
Rapid Radio Variation of Blazar and Analysis of Mult—Frequeney Structural Function.....	<i>Qian shanjie</i> (223)
The Intrinsic Variation of Knot C4 of the Superluminal Source 3C345	<i>Qian shanjie</i> (228)
A Jet Model of BLO 0716+714 for Radiation at Wavelengths Ranging from Radio to γ —ray	<i>Qian shanjie</i> (233)
VLBI Research on Radio Reference System	<i>Xu Tongqi</i> (238)
The Recomfirmation of Superluminal Motion in 3C390. 3	<i>Wu Shenyin</i> (240)
Statistical Test of Relativistic Beam Model.....	<i>Hong Xiaoyu, Jiang Dongrong and Wan Tongshan</i> (245)
Low Frequency VLBI Observation of 3C345	<i>Hong Xiaoyu and Wan Tongshan</i> (247)

Radio and Infrared Radiations of Complex G18.2—0.3 in the Galactic Plane	
.....	<i>Sun Jin, Wu Yuefang, Liang Shiquang, Huang Xinyong and Ji Desheng</i> (249)
Search for H ₂ O Masers in IRAS Infrared Sources with Strong Flux Density	
.....	<i>Sun Jin, Tang Geshi, Fan Ying, Lü Jing, Lei Chengmin and Han Fu</i> (251)
Imaging Observation of CO in the Planetary Nebula M1—7, M1—16 and VV47	
.....	<i>Sun Jin, Zhang Chengyue, Xie Shuding and Tang Geshi</i> (252)
Imaging Observation of CO in the Molecular Clouds Associated with Main Sequence Stars PP11 and V1515 Cyg	<i>Sun Jin, Zhang Chengyue, Xie Shuding and Tang Geshi</i> (254)
Observational Study of Double—Outflow Sources at Submillimeter Wavelength (COJ=3-2)	<i>Wu Yuefang and M. Miller</i> (256)
Search for H ₂ O maser in the Molecular Region	<i>Wu Yuefang,</i> <i>Lü Jing, Lei Chengmin, Mao Ruiqing, Sun Jinjiang, Zhang Huawei and Han Fu</i> (260)
Observational Study of H ₂ O Maser in the Star Formation Region	
.....	<i>Wu Yuefang, Han Fu, M. Miller, N. Miller, Lü Jing, Mao Ruiqing and Sun Jinjiang</i> (264)
Study of Observing Properties of OH Sources in Halley's Comet and Late—Type Star Systems	<i>Wang shujuan</i> (266)
The Features of Quasi—Periodic Oscillation of 10 May 1991 Spike Radiation	
.....	<i>Li Xiacong and Jin Shengzhen</i> (269)
Radio Astronomy and Traveling Ionosphere Disturbances (TIDS)	<i>Han Wenjun</i> (273)
Observational Study of Pulsar	<i>Kang Liansheng</i> (276)
Adding System and Its Software for Miyun Synthesis Telescope	<i>Qiu Yuhai</i> (280)
Study on the Method of Search for Sources in Radio Image with Wide Field	
.....	<i>Cao Ai and Zhang Xizhen</i> (282)
Radio Observation Methods for the Measurement of the Magnetic fields of the Galaxy	
.....	<i>Han Jinlin</i> (285)
Data Reduction of Spectral VLBI	<i>Jiang Dongrong</i> (289)
Image Filtering and Short Base Line Adding for Miyun Meter Wave Synthesis	
.....	<i>Zhang Xizhen</i> (291)
Wavelet Theory and Its Applications in Radio Astronomy Imaging Processing	
.....	<i>Yu Qing and Li Jianhua</i> (296)
Wavelet Method for Radio Astronomy Data Reduction	<i>Yan Yihua</i> (300)
Upgrade of the Software of Spectral Processing and the Installation of the DRAWSPEC Package	<i>Lü Jing and Zhou Xueya</i> (305)
The Radio Astronomy System for FENGYUN NO. 2 Ground Satellite Station	
.....	<i>Yang Wenlin and Yuan Huiren</i> (309)
Radio Astronomy in the Next Century; Instrumentation Development	
.....	<i>Wan Tongshan and Hong Xiaoyu</i> (313)

日长年际变化与海平面纬向变化 关系的初步分析*

郑大伟 陈剑利 华英敏

主题词:海平面变化—地球自转—日长变化

提 要

利用太平洋区域近 300 个验潮站的月平均海平面观测资料,初步揭示了太平洋赤道带(10°N — 10°S)和高纬带(30°N — 50°N , 30°S — 50°S)的两个纬度带内平均海平面的年际变化与地球自转速率年际变化之间的关系。观测资料分析结果表明,在年际时间尺度上,地球自转加速时,太平洋赤道带平均海平面上升,高纬带平均海平面下降;地球自转减速时,太平洋高纬带平均海平面上升,赤道带平均海平面则下降。据此,我们指出了地球自转速率变化对海平面纬向变化可能产生的影响。

一、 引 言

地球是一个复杂的运动体系。地球自转运动主要分为两部分:一是地球自转轴相对于地球表面的变化,即极移;二是地球自转速率的变化,直接反映的观测量是日长变化(ΔLOD)。若考虑地球本身不受外力矩的作用,从角动量守恒出发,影响地球自转变化的因素有两类:一是地球系统内物质的相对运动,主要为大气、海洋相对于固体地球的运动所产生的角动量的变化^[1,2];二是地球表面及其内部质量分布的变化所引起的地球转动惯量的变化,表现为大气^[3]和海洋^[4,5]压力负荷的变化,全球水分布的变化^[6]以及冰期后回弹等等。

对地球自转变化方面的研究,目前主要集中在地球系统内大气和海洋活动对日长变化的影响,并取得了许多重要结果。如大气角动量(AAM)对日长变化(ΔLOD)在不同时间尺度上的影响^[7,8];太平洋赤道区域洋流运动对 ΔLOD 年际变化的影响^[2];海洋潮汐摩擦对地球自转长期变化的影响^[1]等等。

然而,地球自转运动变化的本身就是固体地球与大气、海洋以及地球内部各圈层相互耦合作用的结果。在这个相互作用的过程中,既包括着地球系统内大气、海洋等各圈层活动对地球自转的影响;还应涉及地球自转变化对大气、海洋等方面的反作用。

本文将采用全球分布的验潮站的月平均海平面变化的观测资料,初步分析和揭示地球自转年际速率变化与太平洋区域不同纬度带海平面的纬向变化的规律和关系,并初步讨论可能

1994年4月29日收到。

* 国家八五重大关键基础研究和国家自然科学基金的资助课题。

的物理原因。

二、资料的选取与处理

英国的 Bidson 海洋数据中心(BODC)向我们提供了全球近一千个验潮站的月平均海平面资料。图 1 画出了 BODC 验潮站的分布情况。数据的时间跨度各站之间差异很大,长的近 200 年,短的只有几年,最早的观测资料可追溯到 1807 年 1 月,而最近的为 1991 年 12 月。根据台站的空间分布情况,我们选取了太平洋地区($50^{\circ}\text{N}-50^{\circ}\text{S}$)近 300 个验潮站的月平均海平面资料,时间从 1962 年 1 月到 1991 年 12 月共三十年间的跨度,并将选取的区域划分成三个纬度带:太平洋赤道区域(TP),($10^{\circ}\text{N}-10^{\circ}\text{S}, 110^{\circ}\text{E}-285^{\circ}\text{E}$,共包括 64 个验潮站;北太平洋区域(NP), $30^{\circ}\text{N}-50^{\circ}\text{N}, 110^{\circ}\text{E}-260^{\circ}\text{E}$,共包括 188 个验潮站;南太平洋区域(SP), $30^{\circ}\text{S}-50^{\circ}\text{S}, 120^{\circ}\text{E}-290^{\circ}\text{E}$,共包括 42 个验潮站。以上三个纬度带及区域内台站分布见图 2。

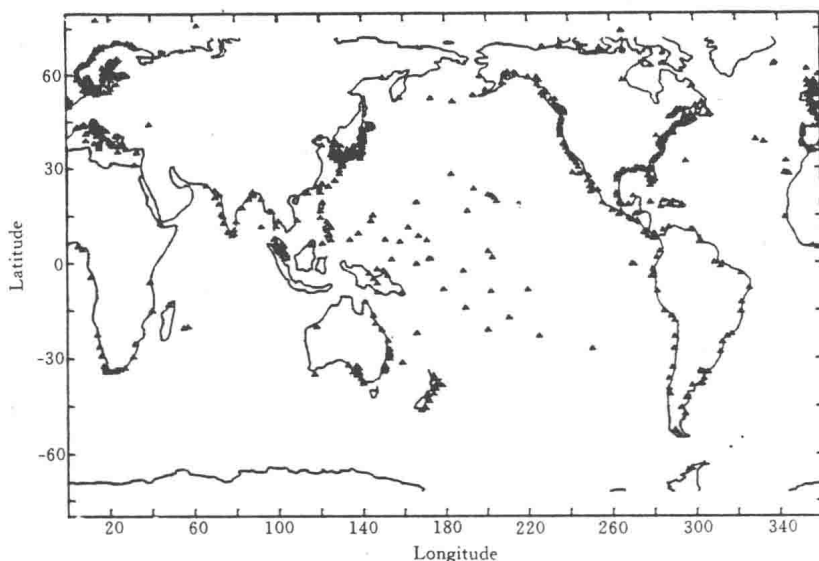


图 1 BODC 验潮站的全球分布

Fig. 1 Globfal distribution of the BODC stations

由于东西太平洋验潮站的空间分布很不均匀,西太平洋的台站密度远大于东太平洋,为避免西太平洋地区的权重过大,我们将 TP,NP 和 SP 三个纬度带再各自分成东西两个区域,即 TP-W(42 个验潮站),TP-E(22),NP-W(145),NP-E(43),SP-W(38)和 SP-E(4)共 6 个区域(括号内数字为该区域内的验潮站数目)。区域划分情况见图 2。

分别计算出 6 个区域内所有台站的月平均海平面变化序列,再由三个纬度带内东西二个区域的海平面变化序列求平均,得到了太平洋赤道区域(TP),北太平洋区域(NP)和南太平洋区域(SP)三个纬度带内的平均海面变化。结果请见图 3。

本文将重点分析在年际时间尺度上,海平面变化与地球自转速率化之间的关系。利用多级数字滤波器(MSF)^[9]分别扣除三个序列中可能存在的 10 年以上的长期变化,再利用周年移动平均法扣除周年及周年以下的变化,由此我们得到了三个纬度带内平均海平面的年际变化信

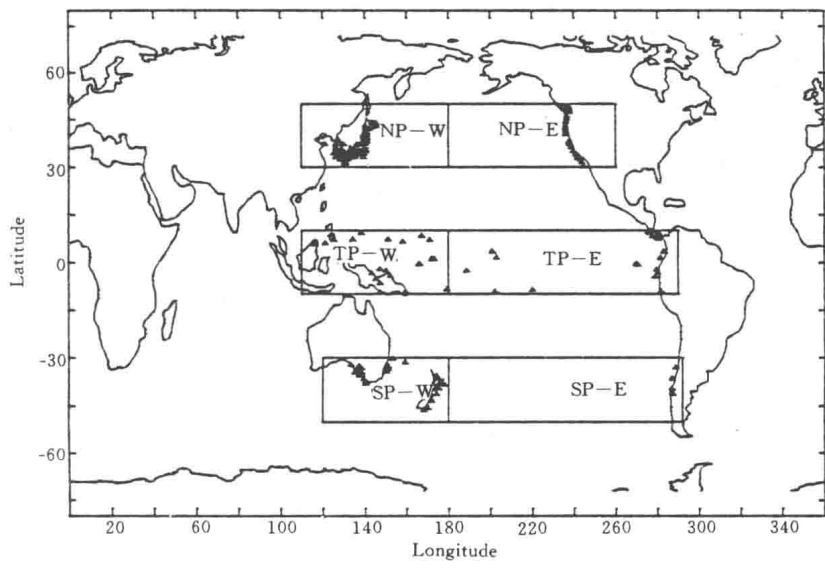


图 2 太平洋地区三个所选区域的 BODC 台站分布

Fig. 2 Distribution of the BODC stations the three selected regions on the Pacific

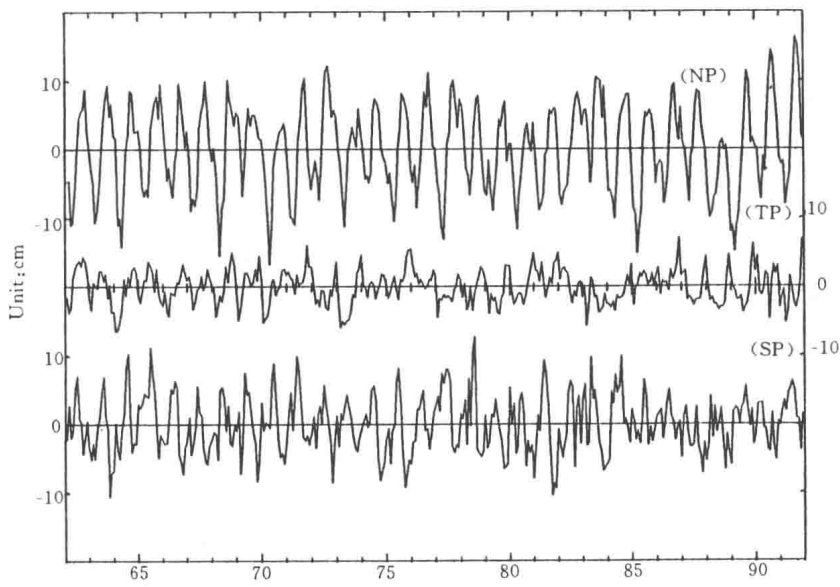


图 3 太平洋赤道区域、北和南太平洋(分别为 TP,NP 和 SP)的海平面变化序列

Fig. 3 Changes of sea level in Tropical(TP), North(NP) and South Pacific(SP)

号。图 4 分别给出了这三个序列。为了下文分析比较的方便,我们求出了北太平洋(NP)和南太平洋(SP)两个序列的平均序列,即高纬带平均海平面的年际变化(NSP),计算结果列于图 5。

表征地球自转速率变化的日长变化序列(ΔLOD)取自国际地球自转服务(IERS)年报。该序列为 5 天一个值。为了与海平面变化资料取得一致,我们对每月内的日长变化求均值,得到

每月一值的日长变化序列。在此基础上,利用多级数字滤波器扣除 10 年以上的长期变化,再利用周年移动平均扣除周年及周年以下的变化,最后得出了日长变化的年际变化序列 ΔLOD 。计算结果列于图 5 的中部。

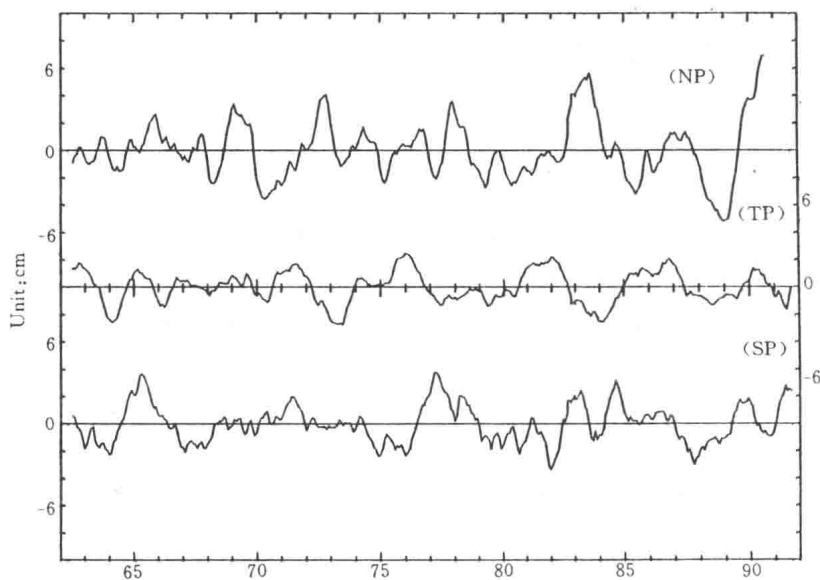


图 4 太平洋赤道区域、北和南太平洋(分别为 TP,NP 和 SP)的海平面的年际变化序列

Fig. 4 Interannual changes of sea level in North(NP),Tropical(TP) and South Pacific(SP)

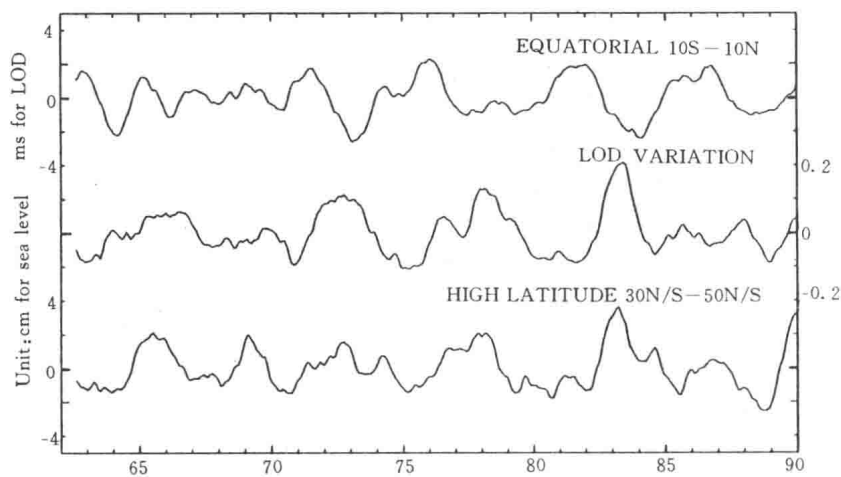


图 5 太平洋地区海平面的年际变化和 LOD 的年际变化

上部:太平洋赤道区域;中部:LOD;下部:太平洋高纬度区域

Fig. 5 Interannual variations of LOD and sea level in Pacific region

三、 计算结果的分析

图 5 分别给出了赤道太平洋(TP)和高纬太平洋(NSP)区域平均海平面的年际变化,以及表征地球自转速率变化的日长的年际变化。可以看出在年际时间尺度上,海平面变化与日长变化之间存在明显的相关性。尤其在地球自转速率变化较大的几个峰年,日长变化与高纬带海平面变化基本同相,而与赤道带海平面变化基本反相,也就是说在地球自转加速时,太平洋赤道带平均海平面上升,高纬带海平面下降;当地球自转减速时,太平洋赤道带海平面下降,高纬带海平面上升。也就是说地球自转速率的变化可能在以某种物理机制影响着海水的纬向分布。

为了能比较直观地看出海平面变化与日长变化之间的相关性,我们分别对日长变化(ΔLOD)与赤道带海平面变化(TP),日长变化与高纬带海平面变化(NSP)两对序列作了互相关分析,计算了互相关系数和相位延迟。计算结果列于表 1。由表可见, ΔLOD 与 TP, ΔLOD 与 NSP 的相关系数分别达到-0.69 和 0.68,相位延迟分别为 ΔLOD 超前 TP10 个月, ΔLOD 滞后 NSP4 个月。 ΔLOD 为何会略滞后于 NSP,还有待进一步更深入的研究。

表 1 ΔLOD 与 TP,NSP 的相关系数和相位延迟

Table 1 The correlation coefficient and the phase delay of TP,NSP with ΔLOD

序列	相关系数	相位延迟
$\Delta LOD-TP$	-0.69	-10 个月
$\Delta LOD-NSP$	0.68	4 个月

四、 讨 论

1. 我们选择太平洋地区平均海平面的变化作为分析对象,主要是考虑了验潮站的空间分布情况。全球近一千个验潮站中绝大多数分布在大陆海岸线上(见图 1)。只有太平洋地区的大量岛屿上分布着相对较多的验潮站,可以增加计算结果的可靠性。

2. 通过对日长的年际变化(ΔLOD)和太平洋地区赤道带和高纬带平均海平面年际变化的比较和分析,我们发现。地球自转速率的变化(表征量是日长变化)与海平面的纬向变化间有着显著的相关性。在地球自转加速时,即日长减小时,太平洋赤道带海平面上升,高纬带海平面下降;当地球自转减速时,即日长增长时,太平洋高纬带海平面上升,赤道带海平面下降。

3. 地球自转速率变化与海平面纬向变化的一致关系,可能的初步解释是:地球自转速率的变化影响着海平面的纬向变化。其过程是地球自转所产生的离心力的变化,影响地球重力势的变化,以导致海平面的纬向运动。如果反之以海平面变化影响了地球自转,那么应该是:赤道带海平面上升,地球转动惯量增加,导致地球自转减慢;若赤道带海平面下降,地球转动惯量减小,将使地球自转加快。这种解释恰与我们实际资料分析的结果相反。

本文仅涉及用海平面变化和日长变化的观测资料,初步揭示了地球自转年际速率变化与海平面纬向变化的规律和关系。至於解释这种现象的动力学理论计算和分析,我们将会另文作进一步的深入研究。

参 考 文 献

- [1] K. Lambeck 著,李志安等译,单心福编,地球自转的变化,地震出版社,北京,(1988)。
- [2] 郑大伟、陈刚,中国科学 A 辑,24(3)(1993)298。
- [3] 高布锡、孙永庠,天文学报,Vol. 28, No. 1(1987),46。
- [4] Wahr, J. M., Geophys. J. R. Astron. Soc. 70(1982),349。
- [5] Wahr, J. M., Geophys. J. R. Astron. Soc. 74(1983),451。
- [6] Kuehne, J. and Wilson, C., J. G. R. 96(1991),B3,4337。
- [7] Rosen, G. R., Salstein, P. A., Wood, T. M., J. G. R. 96(1991),265。
- [8] Rosen, R. D., Proc. of the IAU Chapman Conf. on Geodetic VLBI: Monitoring Global Change, Washington, USA, 1991, 213
- [9] 郑大伟、董大南,天文学报,Vol. 27, No. 4(1986),368。

INITIAL ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN INTERANNUAL VARIATION OF LOD AND POLEWARDS CHANGES OF SEA LEVEL

Zheng Dawei Chen Jianli Hua Yingmin

(Shanghai Observatory, Chinese Academy of Sciences)

Key words Sea level variation—Earth rotation—Length of day

Abstract

Using the sea level data of about 300 gauge stations in Pacific region, we analysed the interrelationship between interannual variation of sea level in tropical Pacific (10 N—10S) and latitude Pacific (30 N/S—50 N/S) and that of Earth rotation rate. The initial results indicated that, on interannual time scale, when Earth rotation accelerates, the average sea level in tropical ocean will arise and in high latitude ocean will drop; while Earth rotation decelerates, the average sea level in high latitude ocean will arise and in tropical ocean will drop.

From preliminary analysis, we raised the possible influence of Earth rotation rate on polewards changes of sea level.

用 VLBI 和 SLR 实测数据解算现时 板块运动参数的方法

孙付平 赵 铭

主题词:甚长基线干涉测量(VLBI)—人卫激光测距(SLR)—板块运动

提 要

本文着重讨论了用空间大地测量(VLBI 和 SLR)实测数据解算现时板块运动参数的方法,推导了有关公式。根据作者的实践,阐述了应用中应注意的问题。

一、引 言

板块构造学认为,地球表面岩石圈是由大小不等的 20 多个板块构成。由于地幔对流及其它因素的作用,这些板块之间存在着 1-10cm/yr 的相对运动。利用海底扩张速率、转换断层方位角、地震滑动矢量等地质和地球物理观测资料,人们已建立了能定量反映板块间相对运动的地学板块运动模型,例如 RM2^[1]和 NUVEL-1^[2]。根据板块运动模型可以估计出地球表面任意两点之间的相对运动。但是,海底扩张速率是由海岭两侧年龄相同的磁异常条带的间距除以该磁异常条带的年龄而得到的,它反映的是最近几百万年里板块扩张的平均效果,而转换断层的演化则有更长的地质历史。所以,地学板块运动模型估计的是最近几百万年内板块的平均运动。

甚长基线干涉测量(VLBI)、人卫激光测距(SLR)等空间大地测量技术,目前已能以几个 mm/yr 的精度测定板块间的运动。这种实测的板块运动是由最近 10 多年的观测资料解算的,与漫长的百万年时间尺度相比,完全可以认为是现时的板块运动。现时的板块运动与地质历史上平均的板块运动相比较,将为我们研究板块运动的稳定性、板块的刚性等重大问题提供证据。并且,要为地震等灾害预测工作服务,要维持一个高精度地球参考架,建立一个精确的现时板块运动模型也是很必要的。

地球物理研究表明,地面点的长期运动主要有三种:(1)大尺度板块运动:主要沿水平方向,量级是 1-10cm/yr,是全球性的。(2)局部构造形变:主要沿水平方向,量级是 1-20mm/yr,是局部性的。(3)冰期后地壳回弹:主要沿垂直方向,量级是 1-10mm/yr,是区域性的。实测的台站运动主要是以上三种运动的叠加。因此,用实测数据求解现时板块运动参数时,必须尽可能地消除局部形变和冰期后地壳回弹的影响,这是应用中应注意的问题。

二、实测的板块运动观测量

1. VLBI 观测量^[3]

测地 VLBI 是通过观测射电信号至两个 VLBI 接收机的时间延迟和延迟率来解算站间基线矢量的。不同时段得到的同一 VLBI 基线的各观测值投影到同一个初始参考架中,对这些观测值进行时间拟合即可得到该基线沿其长度、横向和垂向的三个时间变化率: B_{ij} 、 T_{ij} 和 H_{ij} 。由定义可知^[3],基线横向变化率 T_{ij} 与初始参考架定向有关;而基线长度变化率 B_{ij} 只与尺度有关;基线垂向变化率 H_{ij} 是 VLBI 确定最差的一个分量,它主要受大气因素的影响。所以用基线变化率求解板块运动参数时一般只采用基线的长度和横向变化率。图 1 显示了 VLBI 基线变化的三个分量方向。

其中,

$$\vec{b}_{ij} = (\vec{r}_j - \vec{r}_i) / |\vec{r}_j - \vec{r}_i|, \quad (1)$$

$$\vec{t}_{ij} = (\vec{r}_j \times \vec{r}_i) / |\vec{r}_j \times \vec{r}_i|, \quad (2)$$

$$\vec{h}_{ij} = \vec{b}_{ij} \times \vec{t}_{ij} \quad (3)$$

分别是基线沿长度、横向和垂向的单位矢量。

$\vec{t}_{ij}$ 的方向是从正面看由里向外。

为了更直观地分析各台站的运动,VLBI 数据处理中心还解算了各台站在地心参考架中的站速度 V_i^x 、 V_i^y 和 V_i^z , 以及在站心参考架中的站速度 V_i^e 、 V_i^n 和 V_i^u 。因站速度是绝对量,解算时必须附加相应的约束条件。例如把某一 VLBI 站(如 Westford)的站速度及到另一站的方位变化固定为板块绝对运动模型(如 NNR-NUVEL1^[4])的估计值,而其它站的站速度相对于它来确定。

实际上,VLBI 基线的长度、横向和垂向变化率与站心坐标速度之间还有如下关系:^[5]

$$\begin{bmatrix} B_{ij} \\ T_{ij} \\ H_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\vec{b}_{ij} \cdot \vec{n}_i & -\vec{b}_{ij} \cdot \vec{e}_i & -\vec{b}_{ij} \cdot \vec{u}_i & \vec{b}_{ij} \cdot \vec{n}_j & \vec{b}_{ij} \cdot \vec{e}_j & \vec{b}_{ij} \cdot \vec{u}_j \\ -\vec{t}_{ij} \cdot \vec{n}_i & -\vec{t}_{ij} \cdot \vec{e}_i & -\vec{t}_{ij} \cdot \vec{u}_i & \vec{t}_{ij} \cdot \vec{n}_j & \vec{t}_{ij} \cdot \vec{e}_j & \vec{t}_{ij} \cdot \vec{u}_j \\ -\vec{h}_{ij} \cdot \vec{n}_i & -\vec{h}_{ij} \cdot \vec{e}_i & -\vec{h}_{ij} \cdot \vec{u}_i & \vec{h}_{ij} \cdot \vec{n}_j & \vec{h}_{ij} \cdot \vec{e}_j & \vec{h}_{ij} \cdot \vec{u}_j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_i^n \\ V_i^e \\ V_i^u \\ V_j^n \\ V_j^e \\ V_j^u \end{bmatrix} \quad (4)$$

其中 $\vec{n}$ 、 $\vec{e}$ 和 $\vec{u}$ 分别为站心参考架中的当地北向、东向和天顶方向的单位矢量。由(4)式也可求解 VLBI 站速度,因基线变化率是相对量,求解时同样需要上述约束条件。

测站地心坐标速度 V_i^x 、 V_i^y 和 V_i^z 与站心坐标速度 V_i^e 、 V_i^n 和 V_i^u 之间也有如下关系:

$$\begin{bmatrix} V_i^x \\ V_i^y \\ V_i^z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin\lambda_i & -\cos\lambda_i \sin\theta_i & \cos\lambda_i \cos\theta_i \\ \cos\lambda_i & -\sin\lambda_i \sin\theta_i & \sin\lambda_i \cos\theta_i \\ 0 & \cos\theta_i & \sin\theta_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_i^e \\ V_i^n \\ V_i^u \end{bmatrix} \quad (5)$$

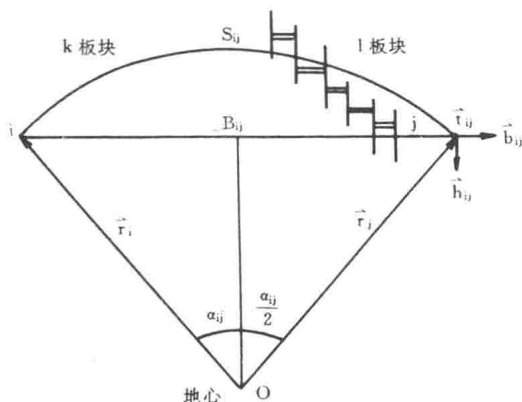


图 1 VLBI 基线变化的三个分量

Fig. 1 Three components of VLBI base line variation

其中 α_i 和 λ_i 是测站 i 的地心纬度和地心经度。

可见, VLBI 提供三种板块运动观测量: (1) 基线沿其长度和横向的变化率 B_{ij} 和 T_{ij} 。它们都可能受到局部形变的影响, 并且当基线较长时 B_{ij} 还可能受到冰期后地壳回弹的影响; (2) 地心坐标速度 V_i^x, V_i^y, V_i^z 。可能受到局部形变和冰期后地壳回弹的影响; (3) 站心坐标速度 V_i^a, V_i^e, V_i^r 。其中水平分量可能受局部形变影响, 垂直分量则主要反映冰期后地壳回弹引起的变化。

2. SLR 观测量^[6]

SLR 技术通过测量地面站至人造卫星的距离来解算地面站地心位置。不同时段观测会得到不同的地心坐标。由同一时段所得到的两点的站坐标可解算站间大地线距离, 不同时段里所得距离的时间拟合即可得到站间大地线变化率 $\dot{S}_{ij}$ 。 $\dot{S}_{ij}$ 与参考架定向无关, 只与尺度有关。

同样, 提供某种约束条件(例如 NNR-NUVEL1), 也可由不同时段观测站地心坐标求解测站的地心坐标速度 V_i^x, V_i^y, V_i^z 和站心坐标速度 V_i^a, V_i^e, V_i^r 。

可见, SLR 也提供三种板块运动观测量: (1) 站间大地线变化率 $\dot{S}_{ij}$, 因大地线与当地垂线基本垂直, 所以 $\dot{S}_{ij}$ 对冰期后地壳回弹的垂直分量不敏感; (2) 地心坐标速度; (3) 站心坐标速度。

3. 基线长度变化率 B_{ij} 与大地线(弧长)变化率 $\dot{S}_{ij}$ 的关系

因地球常作为球体来处理, 大地线变化率近似为弧长变化率。如图 1 所示, B_{ij}, S_{ij} 为第 i 站到第 j 站的基线长和弧长, α_{ij} 为两站间的地心角, 设 R 是地球平均半径, 则有

$$S_{ij} = R \cdot \alpha_{ij} \quad (6)$$

$$B_{ij} = 2R \cdot \sin\left(\frac{\alpha_{ij}}{2}\right) \quad (7)$$

把上面两式对时间 t 求导并进行代换, 可得

$$\dot{B}_{ij} = \dot{S}_{ij} \cdot \cos \frac{\alpha_{ij}}{2} \quad (8)$$

因 B_{ij} 和 S_{ij} 对板块间沿基线横切方向的运动不敏感, 这种不足需要较多分布合理的基线长度或弧长变化率来弥补, 所以实用中常需组合应用 VLBI 和 SLR 两种数据。如果两者尺度一致, 则可用(8)式进行两种观测量之间的变换。值得注意的是, 当站间地心角 α_{ij} 接近 180° 时, 数据中的误差会被显著地放大或缩小。所以(8)式的应用应限定在一定的范围, 如 $\alpha_{ij} \leq 120^\circ$ 。

三、用实测数据求解板块运动参数的数学模型

地球近似为椭球体, 但在研究板块运动时, 为方便起见常把地球近似为球体。这种近似引起的误差是可以忽略的。例如对于 3 毫秒的地心角(对应地面距离约 10cm)来说, 地球半径 10km 的变化引起的地面距离变化仅为 0.15mm。对于几个 cm/yr 的板块运动来说, 地面点地心距变化的影响是很小的, 应用中常取地球平均半径 $R(R=6378140\text{m})$ 来计算。

板块的运动常采用旋转角速度矢量(也叫欧拉矢量) $\vec{\omega}$ 来描述。 $\vec{\omega}$ 的球坐标分量为 Λ, Φ, ω , Λ 和 Φ 是板块旋转极的经纬度, ω 是旋转角速度。 $\vec{\omega}$ 的直角坐标分量是 $\Omega_x, \Omega_y, \Omega_z$, 它们分别是 $\vec{\omega}$ 在 X, Y, Z 轴上的投影。板块运动有绝对和相对运动之分, 绝对运动是板块相对于某一参考架(例如热点参考架)的运动, 相对运动则是一个板块相对于另一板块的运动。通常是求解板