维普资讯 http://www.cqvip.com

第24卷 第4期
2002年12月

西 北 地 震 学 报
NORTHWESTERN SEISMOLOGICAL JOURNAL

Vol. 24 No. 4
Dec., 2002

短文

厄尔尼诺现象的构造基础与激发因素

杨学祥

(中国科学院国家天文台,北京 100012;吉林大学地球探测科学与技术学院,吉林 长春 130026)

摘要:北太平洋对北极的半封闭状态和南太平洋对南极的开放状态是厄尔尼诺事件发生的构造基础,它导致北太平洋海表热能的积累和周期性向南太平洋输送.强潮汐振荡和火山喷发是其激发因素.

关键词:厄尔尼诺—南方涛动;海洋热能交换;陆海分布;潮汐振荡;液核潮汐

中图分类号:P732 **文献标识码**:A **文章编号**:1000—0844(2002)04—0367—04

0 前言

在南美厄瓜多尔和秘鲁沿岸,由于暖水从北边涌入,每年圣诞节前后海水都会出现季节性的增暖现象,期间渔民捕不到鱼.因为这种现象发生在圣诞节(每年12月25日)前后,渔民就把它称为El Nino,音译为"厄尔尼诺",是西班牙语"圣婴(上帝之子)"的意思.后来科学家发现有些年份海水增暖异常激烈,暖水区一直发展到赤道中太平洋,持续时间也很长,引起当地气候反常,给全球气候带来重大影响.现在,厄尔尼诺一词被气象和海洋学家用来专门指赤道太平洋东部和中部的海表温度大范围持续异常增暖现象[5].本文就厄尔尼诺现象出现的构造环境因素和激发因素进行讨论.

1 厄尔尼诺发生在南美洲西部的构造基础

在北半球,由于大陆的阻隔,北太平洋与北极之间处于半封闭状态,海洋寒流由北冰洋通过狭窄的白令海峡进入太平洋时流入量受到限制;印度洋北部是欧亚大陆,因此太平洋和印度洋的北部完全在海洋暖流的控制之下.与此相反,大西洋、太平洋和印度洋对南极是完全开放的.特别是环南极大陆强烈的海洋西风漂流在经过南美洲的德雷克海峡时严重受阻;部分寒流沿南美洲西海岸北上,加强了秘鲁寒流,其规模远大于非洲西海岸的本格拉寒流,形成太平洋北暖南冷、西暖东冷的格局.南半球西风飘流是海洋寒流,北半球西风飘流是北太平洋暖流和北大西洋暖流,这个重大差别是由陆海分布差异造成的.

西澳大利亚寒流是南半球最弱的海洋寒流.因为太平洋南赤道暖流能够通过阿拉弗拉海进入印度洋,加强印度洋南赤道暖流,减弱西澳大利亚寒流.所形成的印度洋和西太平洋的高温低压区,与东南太平洋由秘鲁寒流形成的低温高压区组成一个沃克环流.环流路径是:太平洋和印度洋的南赤道暖流→马达加斯加暖流→南中纬度的西风漂流→秘鲁寒流.这进一步减弱西澳大利亚寒流,加强了西风漂流和秘鲁寒流.

北太平洋通过白令海峡向北极输出的热量为10 TW(1 TW = 10^{12} W);南太平洋向南极输出的热量为1 190 TW,是前者的119倍.印度洋向南极输出的热量为490 TW.而北大西洋输出的热量起源于太平洋,数量超过1 000 TW,其中向北极输出的热量为260 TW[1].海洋输送的热量为北太平洋向南太平洋的热输出提供了证据.地质资料表明,对第三纪早期的普遍变冷起明显作用的构造事件是巴拿马地峡的封闭,迅速变暖和较长的变冷由轨道参数的周期性所决定.阻挡大西洋赤道暖流进入东太平洋,加强秘鲁寒流,是气候变化的原因.南美洲与南极大陆的分离造成环绕南极大陆强烈的海洋西风漂流带,阻挡赤道暖流南移,生成南极冰盖并

收稿日期:2001-11-18

基金项目:国家自然科学基金项目(No. 49774228)和吉林大学社会科学精品工程项目《灾害经济及其管理方法的研究》资助.

作者简介:杨学祥(1947 —),男(汉族),辽宁沈阳人,教授,主要从事地球动力、全球变化和自然灾害研究.

维普资讯 http://www.cqvip.com

维持其稳定的存在，为全球构造运动影响气候变化提供了证据[2~4]. 这表明，北太平洋向南太平洋输送热量的波动性是厄尔尼诺事件和拉尼娜事件发生的本质原因，相应的海洋环流在温差积累到一定程度时必然发生. 厄尔尼诺发生时，太平洋暖水由东向西；或由西向东；或由中部分别向东向西运动，其实质是北部暖水向南运动.

如果有某种原因使南半球的西风漂流减弱，或使东南太平洋表面海水增温，就会减弱这一地区的活克环流，出现南太平洋高压和印度尼西亚—澳大利亚低压同时减弱，甚至相反的情况. 这是南方涛动和厄尔尼诺同时出现的原因.

当南极出现臭氧洞或太阳活动增强时，过量紫外线（约增大2%）穿过平流层进入对流层，使南极相对变暖，降低南极与南中纬度的温差，减弱大气南北对流和信风，这是西风漂流变弱的原因. 自20世纪80年代全球迅速变暖以来，厄尔尼诺事件发生更为频繁，其强度也明显增大. 1982～1983年和1997～1998年厄尔尼诺又为本世纪最强，与南极臭氧洞异常扩大相对应. 公元1800年是冷暖时期和太阳活动高低值的分界线，其前后200年分别发生51和81次厄尔尼诺事件，这表明，暖期、臭氧洞扩大和太阳活动高值时期有利于厄尔尼诺事件发生[3,4].

2 潮汐振荡产生的季节性增暖

要解释厄尔尼诺事件发生的原因，首先必须说明为什么在南美厄瓜多尔和秘鲁沿岸每年圣诞节前后海水都会出现季节性增暖现象.

太阳光在冬至点（每年12月21～23日）直射南纬23.5度，即南回归线. 南回归线上的海面在白天正午处于潮汐高潮位，而此时北回归线上的海面正处于低潮位；地球自转半周后，南回归线上的海面在半夜子时处于潮汐低潮位，北回归线上的海面此时处于高潮位. 即高潮位与低潮位在南、北回归线之间往复振荡. 这种现象也发生在夏至点（每年6月21或22日）. 同时太阳辐射、太阳风和太阳引潮力在近日点（1月3～4日）达到最大值，分别比在远日点（每年7月2日或3日）增大6%和9%，这使近日点时南北潮汐振荡达到最大值，南回归线附近太阳辐射量也达到最大值，变暖趋势明显. 特别是从秋分到冬至，日地距离变为最小，太阳引潮力变为最大. 半日潮产生的强烈振荡高值区由赤道向南北回归线偏移，形成低纬大洋南升西移、北降东移的顺时针昼环流和南降东移北升西移的逆时针夜环流，昼夜反向环流和最大幅度南北振荡加强了冷暖水的混合[3]. 南北回归线之间的东太平洋海面有北半球的温暖的赤道逆流和南半球的秘鲁寒流. 最大幅度的南北潮汐振荡使太平洋东部低纬度北半球暖流南移，南半球秘鲁寒流北移，振荡混合后使厄瓜多尔和秘鲁沿岸海水变暖，加强了北太平洋向南太平洋的热输送. 这不仅说明了在南美厄瓜多尔和秘鲁沿岸每年圣诞节前后海水都会出现季节性增暖现象的原因，而且给出了暖水从北边涌入的原因. 而以往许多关于厄尔尼诺事件发生机制的假说不能解释这种季节性增温现象.

3 强潮汐振荡与厄尔尼诺现象的关系

对潮汐的计算结果表明，月亮在赤道时产生的半日潮使气圈、水圈和液核分别有5 4181 864 km^3、43 275 km^3和3 103 km^3的体积绕固体地球向西运动，形成赤道高空风、西向海潮和液核表层西向漂移. 由于地形的阻挡，形成大气、海洋和液核的涡旋、湍流、环陆运动和异常大潮以及冷暖海水的上下和东西方向振荡与混合. 岩石圈和下地幔分别有2 754 km^3和10 599 km^3的体积胀缩，是其中熔融部分流动、上涌和喷发的动力[3].

太阳相对地球在南北回归线之间的摆动，使流体相对固体南北振荡与混合. 地球在春分和秋分扁率变为最大，形成赤道大潮. 两极高纬地区分别有6 605 998 km^3、5 251 km^3和368 km^3体积的大气、海水和液核流体通过临界纬度（35°）流向赤道，并在科里奥利力和西向引潮力作用下加速向西漂移，使各圈层自转速度变小，差异旋转速度增大，高纬地区地壳地幔排气排液活动强烈. 其中大气对流层日长增加最为显著，为97秒，是岩石圈日长增加值（0.000 27 s）的359 259倍，形成流体与固体圈层强烈的差异旋转. 地磁活动在两分点（春分和秋分）达到最大值是其证据[3]. 这是两极冷水入侵赤道并使大洋西部暖水变冷的主要原因. 1997年发生在春分和秋分附近的4次交食和行星冲日，加大了两极冷水入侵赤道西太平洋，使暖水东移的强度，形成了1997年的强厄尔尼诺事件.

月球的引潮力是太阳的2.17倍，月球在赤道南北的摆动加强这一效应，形成混合冷暖海水的强烈振荡. 行星冲日、日月大潮和近地潮的叠加形成最大值效应——厄尔尼诺. 从1980年到1990年，凡是在12月朔、望

维普资讯 http://www.cqvip.com

日的日月大潮和月球的近地潮同时发生后,均发生了厄尔尼诺事件. 1982～1983 年强厄尔尼诺事件中,海温增温的峰值首先出现在中太平洋赤道的 Nino 4 区(1982 年 4～5 月),然后是 Nino 3 区(1982 年底),最后是美洲西岸的 Nino 1～2 区(1983 年年中)[6]. 它对应着 1982 年 4～8 月和 11～12 月、1983 年 1～3 月和 6～9 月的近地潮和大潮的叠加,以及 1982 年 4 月 26 日的木星冲日.

引潮力和地球自转都有 9 天的周期变化,在北极海域曾观测到很强的 9 天周期的水位振动. 在大西洋中远离海岸的地方观测 50 m 深处水温在一年中的变化,发现有 9 天周期的温度变化,其幅度可达 0.20 °C[7]. 最新研究成果也表明强潮汐将引起海温变化和气候波动[8]. 强引潮力下的太平洋海水南北震荡,是均衡南北海水温度、加快北部暖水向南部输送的重要机制.

4　液核潮汐对厄尔尼诺的影响

流体和固体的潮汐差异造成强烈的相互摩擦,潮汐摩擦热集中在流体与固体的边界上,如陆海边界和核幔边界. 核幔边界在潮汐力下的周期变形强迫液核表层隆起部分西向运动,形成液核潮汐. 它加强核幔角动量交换,在核幔边界积累大量热能,是地球排气、地磁活动和热幔柱活动的不竭能源[4]. 地磁活动在地球扁率变为最大的两分点(春分和秋分)达到最大值是其证据[3].

地球自转速率的十年际变化的振幅可达几个毫秒量级. 这种变化也许只能用核幔之间的角动量交换来解释,与太阳黑子活动 11 年周期、太阳磁性活动 22 年周期相对应[9]. 太阳活动产生的太阳风强度和磁性的变化,使向阳面的地球磁层受到周期性的增强压缩,加强核幔角动量交换和液核潮汐,影响地壳地幔的旋转速度和热幔柱喷发. 潮汐滞后效应是地球自转减慢的一个原因. 据估计,平均每年至少有 100 km^3 的岩浆溢出海底[4]. 白垩纪时,万有引力常数增加 5 %;日地距离、月地距离减少 5 %;太阳辐射增大 10 %;日月引潮力增加 20 %. 强烈的潮汐摩擦在核幔边界积累大量热能,这是白垩纪强烈火山活动的基本原因. 侯章栓等对近百年全球气候变化与外强迫因子信号检测的结果表明,火山活动是影响 ENSO(厄尔尼诺和南方涛动)的最重要的外强迫因子[10]. 它不但揭示了地球流体、构造活动与气候变化的关系,而且使厄尔尼诺的海底火山说[11]、引潮力说[7]和地球扁率变化说[3]得到有力的支持.

地球自转速率变化有 0.5、1、11、12、18.6、22、30、60 年周期,其中后四项振幅较大[6]. 它们分别对应着太阳在南北回归线振荡、日地距离变化、太阳黑子、木星公转、月亮交点进动、太阳磁周、土星公转等周期及其公倍数. 潮汐引起的地球形变和太阳活动加强液核潮汐是其本质原因. 这也是通过地球自转异常减速可以预测厄尔尼诺事件的本质原因[7,12,13]. 日长变化周年项的激发函数观测值为－0.45 量级. 其中,风为－0.31,潮汐为－0.03,气团为 0.02,地下水为 0.02,海洋为 0.01,洋流为 0.02[6]. 在由风形成的日长季节性变化的背景上,液核潮、大气潮和海潮的激发是日长异常变化的主要原因. 这是行星冲日、日月大潮和近地潮的叠加形成最大值效应——厄尔尼诺的根本原因[4].

5　构造运动影响气候变化的其它证据

从 15 至 17 世纪的 200 余年内,世界上强震很多,其它自然灾害也很集中,这也正是蒙德极小期[15]. 这个时期太阳活动处于极小值,人们往往把它当作小冰期气候产生的原因. 实际上,单凭太阳辐射能量变化不足以解释气候的巨大波动. 对宇宙飞船测量数据的分析确定,太阳的辐射输出变化于 0.1 %～0.3 %的水平上. Eddy 等人[16]估计,气候响应与正常发生的变化相比是很小的——太阳常数的变化至多使地球表面的温度受到零点几度的扰动,问题的关键是能够激发低层大气发生变化的机制. 郭增建最近提出的海震调温假说就是一个很有说服力的机制[17].

太阳活动低值使气温降低,极地冰盖开始向中低纬度扩展. 由于一部分赤道区域的海水通过雨雪转变为高纬度大陆的冰川,从而产生地表物质从赤道向两极的大规模迁移. 根据地壳均衡和水均衡原理,两极冰盖增加的地壳加载下沉,赤道海洋海水减少的地壳卸载上升[18]. 这是多强震与小冰期对应的原因. 海洋及其周边地区的强震可使海洋深处冷水迁到海面,使水面降温,冷水吸收较多的二氧化碳,从而使地球降温[17]. 这个机制放大了太阳活动低值的降温效果,使更多赤道地区的海水转变为两极地区的冰盖. 在第四纪最末一次冰期与间冰期交替中,海洋有 130 m 厚的水层曾转变为两极的冰盖,海洋地壳相应有 43 m 的升降运动[18]. 综合分析表明,气候变化与构造运动是相互影响的. 离开了构造运动,我们就无法理解气候的巨大变化.

维普资讯 http://www.cqvip.com

[参考文献]

[1] Houghton J. 全球变暖[M]. 北京:气象出版社,1998. 83.

[2] 费雷克斯 L A. 地质时代的气候[M]. 北京:海洋出版社,1984. 315,244.

[3] 杨学祥. 地球形变产生的岩石圈、水圈和气圈等差异旋转[J]. 中国学术期刊文摘(科技快报),2001,**7**(7):902—904.

[4] 杨学祥. 预测重大灾害的天文学方法与能量放大器[A]. 见:中国地球物理学会编,中国地球物理学会年刊[C]. 昆明:云南科技出版社,2001. 327.

[5] 中国气象局国家气候中心. '98中国大洪水与气候异常[M]. 北京:气象出版社, 1998. 92—101.

[6] 任振球. 全球变化[M]. 北京:科学出版社,1990.

[7] 郭增建,秦保燕,郭安宁. 地气耦合与天灾预测[M]. 北京:地震出版社,1996. 135—138,198.

[8] Fred Pearce. Tidal warming: Is the moon turning up the Earth's thermostat? [J]. New Scientist,2000,**166**(2232):12.

[9] 高布锡,胡辉. 对地球自转变化的研究已成为大地测量学和地球物理学领先和重要的科学分支[A]. 见:叶笃正主编. 地球科学:进展趋势发展战略研究[C]. 北京:气象出版社,1992. 81.

[10] 侯章栓,李晓东. 近百年全球气候变化与外强迫因子信号检测[J]. 北京大学学报(自然科学版),2000,**36**(5): 641—650.

[11] 刘厚赞,刘辉,俞永强. 海底火山喷发引发厄尔尼诺事件的数值模拟[J]. 气象学报,1998,**56**(5):602—610.

[12] 韩延本,李志安,赵娟. 地球自转速率的年际变化与 El Nino[A]. 见:中国地球物理学会编,中国地球物理学会年刊[C]. 昆明:云南科技出版社,2001. 233.

[13] 杨学祥,陈殿友. 构造形变、气象灾害与地球轨道的关系[J]. 地壳形变与地震,2000,**20**(3):39—48.

[14] 杨学祥,陈震,乔淇源. 2002年厄尔尼诺事件的天文条件[J]. 西北地震学报,2002,**24**(2):190—192.

[15] 马宗晋,杜品仁. 现今地壳运动问题[M]. 北京:地震出版社, 1995. 99.

[16] Eddy J A, Gilliland R L, Hoyt D V. Changes in the solar constant and climatic effects[J]. Nature,1982,**300**:689.

[17] 郭增建. 海洋中和海洋边缘的巨震是调节气候的恒温器之一[J]. 西北地震学报, 2002, **24**(3):287.

[18] 杨学祥. 地壳形变与海平面变化[J]. 地壳形变与地震,1994,**14**(4):29—37.

TECTONIC BASIS AND EXCITATION CONDITION OF EL NINO

YANG Xue-xiang

(*National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Science, Beijing* 100012; *College of Geo-exploration Science and Technology, Jilin University, Changchun* 130026, *China*)

Abstract: The North Pacific Ocean closing to North pole region and the South Pacific Ocean openning to south pole region are the tectonic basis of El Nino. It makes thermal energy flow from North Pacific Ocean to South Pacific Ocean. Strong tide and volcano activities are the excitation condition of El Nino.

Key words: ENSO; Ocean thermal energy change; Land—sea distribution; Tidal vibration; Tide of outer core