

* 科技与社会 *

厄尔尼诺与中国气候异常

巢纪平*

(国家海洋环境预报研究中心 北京 100081)

摘要 文章从大气学和海洋学的角度对厄尔尼诺和拉尼娜现象的形成、相互关系及其对中国气候异常特别是对长江流域降水的影响进行了探讨。

关键词 厄尔尼诺,拉尼娜,南方涛动,气候异常

1 厄尔尼诺/拉尼娜现象与南方涛动(ENSO)

19 世纪末,航海学家发现在秘鲁沿岸有一支从北向南的暖洋流,它产生的时间正好在圣诞节前后,因此被命名为厄尔尼诺流(厄尔尼诺是西班牙语,意为“圣婴”)。这支洋流的温度在有的年份会大大超过一般年份,暖的表层海水造成秘鲁沿岸地区的暴雨、洪涝,并致使海洋和大气的生态失去平衡,鱼群、鸟类大量死亡。当地把这种暖水现象称为厄尔尼诺现象。

到 60 年代,海洋观测资料增多,海洋学家发现秘鲁沿岸的表层海水可以向北扩展到赤道附近,并沿着赤道两侧向西延展几千公里的范围。从那时起,人们就把赤道东太平洋这种大面积海温异常增温也称为厄尔尼诺现象。

大气和海洋运动的根本能量来自太阳辐射,当地球固体或液体边界吸收到短波的太阳辐射后,在辐射平衡下将释放出长波辐射(红外辐射)加热大气和海洋,并造成它们的温度分布呈南高北低的形式。但是,海洋和大气不同,它是有侧向边界的,边界效应使海水温度的分布比大气复杂得多。在热带太平洋,表温的分布东西方向是不对称的。赤道东太平洋美洲海岸外,表层海水是冷的,像一“冷舌”向西延伸。而赤道西太平洋,在海洋大陆附近是一大片暖水,称为“暖池”。出现这种东西不对称的温度格局,是海洋对风应力响应的动力结果。在热带太平洋上空,常年吹的是东北或东南信风。在信风的驱动下,赤道附近形成了向西的南、北赤道洋流。由于洋流是向西离开美洲大陆的,因此,在美洲沿岸附近表层下的冷水就要上升,形成赤道东太平洋表层的大面积冷水。另一方面,向西流动的洋流,在地球偏向力作用下,将产生向两极的辐散流,沿赤道表层下的冷水也要上升,这样连同美洲沿岸的冷水就形成了赤道东太平洋表层海水“冷舌”状的结构。这是正常状态下的海表温度分布。

大气环流是有年际变化的。有的年份信风减弱,甚至改吹西风,这样就致使赤道东太平洋

* 中国科学院院士

收稿日期:1998 年 9 月 28 日

的冷水相应减弱,出现距平(偏离气候值)意义下的暖水,这就是厄尔尼诺现象。这是海洋学家 Wyrski 早期对厄尔尼诺形成提出的理论,但这样的理论就把厄尔尼诺形成的原因推给了气象学家,要气象学家来回答,信风为什么有年际变化,为什么会减弱,甚至出现西风。

赤道东太平洋的表层海水温度可以偏离正常状态出现暖的厄尔尼诺现象,当然也可以偏离正常状态而出现大面积冷的海水现象,后者称为拉尼娜现象。按照上面厄尔尼诺形成的信风张弛理论,拉尼娜现象的形成,自然会归到是信风比正常偏强的结果。这样,形成的原因自然仍有待气象学家来解释。

但是,就气象学上讲,在热带也有一种异常现象,从印度洋直至西太平洋的海洋大陆,海平面是低气压,而在东太平洋海平面是高气压,即气压呈东高西低的分布。这种气压分布也有年际变化,有的年份,热带西太平洋的海平面气压升高(降低),同时东太平洋的海平面气压降低(升高),这样,热带东西太平洋海平面气压就像“跷跷板”那样变化。这个现象是 30 年代被气象学家 Walker 发现的,并称为“南方涛动”。

气象学家的研究表明,出现南方涛动是大气对海洋加热响应的结果,热带西太平洋的海水是暖的,它将提供很多的热量给大气,使大气对流加强并形成海平面的低气压。反之,热带东太平洋的海水是冷的,那里的对流很弱,而且冷水致使气压变高。由于海温状态是有年际变化的,例如当厄尔尼诺现象出现时,热带东太平洋的表层海水温度变高,使那里的海平面气压要比正常低,而这时热带西太平洋表层海水温度一般偏低,于是那里的海平面气压比正常偏高(拉尼娜出现时,情况正好相反),这就是南方涛动出现的原因。按照这样的解释,南方涛动产生的原因,应归到为什么会出现厄尔尼诺或者拉尼娜现象,原因应由海洋学家去解释。

60 年代末,气象学家 Bjerknes 指出,厄尔尼诺(拉尼娜)和南方涛动实质上是大尺度海气相互作用的结果。大气通过风应力给海洋以动能,而海洋通过加热给大气以位能,两者之间存在相互联系和相互制约的关系,很难说哪一方是原因,哪一方是结果。海气相互作用理论无疑是对厄尔尼诺和南方涛动现象认识的深化。到 80 年代初,海洋学家和气象学家对 Bjerknes 的理论取得共识,并把厄尔尼诺和南方涛动这两种现象联合起来称为“恩索”(ENSO),此后,当人们提到厄尔尼诺现象时,自然也意味着这时在大气中也出现南方涛动现象。

2 1997 年的厄尔尼诺和 1998 年的拉尼娜

1997 年 3—4 月份出现了本世纪中最强的一次厄尔尼诺现象,其发展速度和强度都超过了 1982/83 年那次强的厄尔尼诺。1997 年 12 月中旬,赤道东太平洋大面积(千公里以上)的海表温度距平高出 4°C ,部分地区高出 7°C 。

由于目前对热带太平洋地区的大气和海洋研究较丰富,所以这次厄尔尼诺从一开始就被监测到。虽然从 1996 年 12 月到 1997 年 2 月,赤道东太平洋的海表温度距平仍然是负的(冷的),但在赤道西太平洋暖池表层以下 150 米附近,从东经 120° 到日界线,已出现了 2°C — 4°C 的暖水。而同时在这一地区的低层大气中已出现强的西风。此后,西风不断加强并向东扩展,而相应地,暖池次表层的暖水也不断向东运动,到 5 月,暖水的前沿已到达美洲西海岸,并向上扩展到海表,出现了厄尔尼诺现象。

赤道东太平洋的海表温度从 3—4 月出现正距平后,温度一直不断上升,到 12 月份达到最高值(超过 4°C),以后开始下降。到 1998 年 5 月中旬温度仍然高出气候值,即仍然处在厄尔尼

诺时期,但只过了半个月,即1998年6月初时,在美洲海岸外的东太平洋赤道两侧出现了东西方向达4 000公里范围的冷水,其中心温度距平已超过负 2°C ,表明拉尼娜事件的出现。表层海水温度在一个月内下降了 7°C — 8°C ,海洋由厄尔尼诺状态转变为拉尼娜状态,其变化之快,在历史上从未观测到过,这使海洋学家和气象学家为之震惊。

目前(9月份),赤道东太平洋的海表温度仍处在负的状态(相对于气候值),负距平区的范围仍在扩大中,也即1998年这次拉尼娜事件仍在继续。

3 1998年中国的气候异常

发生在海洋中的厄尔尼诺或拉尼娜现象之所以受到人们的重视,是因为它能造成气候异常。厄尔尼诺(或拉尼娜)造成的气候异常不仅出现在美洲和热带地区,而是全球性的。

资料分析表明,当厄尔尼诺发生时,热带西太平洋暖池上空大气中的上升气流将东移到中太平洋日界线附近,上升气流将来自海洋的大量热量和水汽带到副热带纬度,使副热带高压加强。而副热带高压的强度和位置影响着中国汛期的雨带位置和雨量。1998年春、夏之交,副热带高压位置偏南并偏强,位置持续稳定,这就为长江流域的降水提供了重要的气候背景。副热带西侧偏南气流从海洋中携带过来丰沛的水汽,与北方南下的冷空气相遇后,产生上升气流,使水汽释放而形成降水,于是就形成了春末夏初长江中、上游的暴雨。

这样来分析厄尔尼诺对中国春夏降水的影响不是臆测,而是有历史资料为根据的。资料分析表明,从50年代以来,当厄尔尼诺发生的次年(厄尔尼诺尚未消失),中国长江流域和东北地区就有强的降水。中国气象局国家气候中心今年3月发布的6—8月汛期降水预报,正是以这样的资料为主要依据的。当然,由于中国位于东亚季风气候区,气候变化尚受其它因子制约,不单纯是由厄尔尼诺造成的。例如去冬今春,青藏高原出现了历史上少有的雪盖,它也将影响和改变东亚大环流的形势。但厄尔尼诺毕竟是一个值得注意的影响因子。

按正常的气候季节变化规律,受太阳辐射的影响,到7月,副热带高压的位置应该北移到北纬 30° 以北,雨带也相应地北移到华北地区。事实上,副热带高压的主体位置在7月初已经北抬到北纬 30° ,但出人意料地在7月10日又突然南退到北纬 18° ,副热带高压这种突变在历史上是少见的。这是否受到厄尔尼诺很快消失而拉尼娜很快形成的影响,是一个值得注意研究的问题。从一般物理意义上讲,当热带中太平洋出现大面积冷水时,原来受厄尔尼诺影响而造成的上升气流将西移到海洋大陆及以西地区,并在那里将动量、热量带到副热带纬度,使副热带高压处于较低纬度并向西伸展,这种气候背景为7月中旬以后长江中上游的暴雨天气提供了一个有利条件。

由于1997/98年的厄尔尼诺和拉尼娜现象是历史上罕见的,我们对其给予中国气候异常影响的了解还远为不够,以上只是根据已有认识的一般分析。事实上,观测资料表明,当热带太平洋的状态发生重大变异时,其邻近海域的海洋状态也要发生相应的调整,特别是当厄尔尼诺发生时,西太平洋的强洋流黑潮的温度是正距平,北印度洋的海水也是暖的。1998年汛期时的海洋状态正是如此,也即中国的东南陆地被四周暖的海洋包围着。在这样的形势下,海洋不可能不对中国长江流域的降水有影响。

在另一方面,当厄尔尼诺形成时,暖的海洋不仅将使其上空的大气产生强的上升运动,并通过与这一上升气流相联系的经圈垂直环流,将海洋提供的热量和水汽带到副热带纬度,从而

加强那里的副热带高压。同时,热带海洋的加热,尚可在大气中激发出波动(行星波),通过波动将会使热带产生的低纬大气扰动传到更高的纬度,并影响那里的大气环流,亦即厄尔尼诺对大气环流的影响不只是局限在热带或邻近的副热带,还可以到达更高的纬度。这种由海洋加热而产生的遥相关现象,是厄尔尼诺影响全球气候异常的一种重要的机制。

4 对厄尔尼诺形成理论的新认识

1997 年和 1998 年的厄尔尼诺和拉尼娜事件使我们对过去厄尔尼诺的形成理论有重新认识的必要。早期的厄尔尼诺形成理论,是以 Wyrski 为代表的海洋对信风张弛的响应,在那个理论中,人们着眼点是在赤道东太平洋,以后虽然提出了海气相互作用的不稳定性理论,并用以解释一个初始海洋或大气扰动,为什么会增长到厄尔尼诺那样的强度,以及在海气相互作用下通过海洋波动的时滞作用,来解释厄尔尼诺一般 3—4 年出现一次的原因(参见参考文献 4),然而,在这些理论中没有体现厄尔尼诺产生的地区条件。

1997 年海洋资料表明,厄尔尼诺的初始扰动,首先是出现在热带西太平洋“暖池”的次表层下,然后温度扰动沿着气候的温跃层很快地向东传播并到达赤道东太平洋的海表,并不像过去所认为的,厄尔尼诺的初始扰动首先是出现在赤道东太平洋的表层然后再向西扩展。事实上,厄尔尼诺的初始扰动首先出现在中西太平洋,然后才东传的现象,在 1982/83 年的厄尔尼诺事件中已经被注意到了。1986/87 年的厄尔尼诺发生时,正值“中、美热带西太平洋海气相互作用试验”的考察期间,通过海洋科学考察船观测到,厄尔尼诺事件也首先出现在中西热带太平洋。这些观测事实表明,热带西太平洋的暖池状态的变化,对厄尔尼诺的形成有更重要的作用,特别是在其上空是亚-澳季风的的活动区。1982/83、1986/87 以及 1997 年的厄尔尼诺发生前,热带西太平洋上空已经出现了西风,这些西风分量的出现是亚-澳季风活动的结果。因此可以认为,热带西太平洋厄尔尼诺的初始温度扰动是在季风作用下产生的。

另一方面,1998 年 5 月以后的拉尼娜事件,其温度的初始扰动也是首先在暖池下产生的。同时,早在 1998 年初,热带西太平洋上空的西风就已经减弱消失并转为东风了。这次拉尼娜事件的产生和前期风的这一变化是相关的。而热带上空与厄尔尼诺相伴随的西风为什么又会转回到东风,看来与厄尔尼诺的海洋加热有关。

由此可见,热带西太平洋的海气相互作用对厄尔尼诺的形成有重要的影响。热带西太平洋紧靠着中国,而东亚季风的的活动是中国气象学家研究的强项,因此,中国的气象学家和海洋学家在未来理应对 ENSO 的研究做出更大的贡献。

参考文献

- 1 S. G. H. Philander. El Nino, La Nina and the Southern Oscillation, Landon: Academic Press, INC. 1990.
- 2 K. Wyrski. El Nino-the dynamic response of the Pacific ocean to atmosphere Forcing. J. Phy. Oceanogr, 1975, 5:572—584.
- 3 G. T. Walker, E. W. Bliss. World Weather. V. Mem. R. Meteorol. Soc., 1932, 4:53—84.
- 4 巢纪平. 厄尔尼诺和南方态涛动动力学. 北京:科学出版社,1993.