热带太平洋地热散量与厄尼诺事件*

刘厚赞　刘梦玉

(山东省气象台)

国内外有关专家从海气间相互作用对厄尼诺事件进行了有益的探讨。认为与厄尼诺有关联的秘鲁海岸外的海面温度上升，是由于东南信风减弱而引起的冷水上翻的减弱 (Bjerknes,1966; Wooster 和 Guillen,1974)[1]。然而，E. M. Rasmusson 等指出，日界线以东(140—170°w)沿着赤道，风距平出现的东西减弱不是在厄瓜多尔—秘鲁沿岸海温正距平之前，而是在它之后[2]。C.S.Ramage 等通过统计，在单侧检验 15%的水平上没有拒绝海面温度与风速无关的零假设。认为人们必须抛弃厄尼诺时期秘鲁海面的风异常弱的想法[1]。

近代海底探测表明，在太平洋东部，大约 90°—180°w 范围内是一条近似南北向的海岭，海岭中央有一条很深的中脊裂谷。地下岩浆顺中脊裂谷上侵形成新的海底，因而沿洋中脊有剧烈的海底火山和海底热液喷发活动，是地热释放的窗口。发生在赤道东太平洋海温异常增暖的厄尼诺事件，可能与这一地热排泄口大量的地热释放有关。

1. 从太平洋海温分布特征看地热散量对海水温度的影响。

我们根据美国 1982 年出版的世界海洋水文图集[3]，以及由国家海洋情报所提供的太平洋各层海温资料，对太平洋海温分布进行分析，发现赤道太平洋地区表层海温西部高于东部，而深层海温却东部高于西部(图略)。暖中心从表层到深层自西向东倾斜(表1)。表层 29.5°C的暖中心位于2°S，150°E 附近。3000 m 深处暖中心东移到 110°W 附近，沿东太平洋中隆与太平洋热点相对应有三个＞1.6°C的暖中心，特别是在东太平洋赤道附近，海温受洋壳热散量影响尤为显著。在这一地区海水温度梯度特别小，在深层随深度增加，海温不但不下降，反而异常升高(表 2)。

表 1　赤道太平洋地区海水各层暖中心位置

层　次	中心温度°C	中　心　位　置	
表　层	29.5	2° S	150° E
50 m	29.0	2° S	165° E
100 m	28.0	5° S	178°W
150 m	27.0	8° S	175°W
200 m	24.0	8° S	173°W
1500 m	2.95	0° S	150°W
2500 m	2.15	0° S	100°W
3000 m	1.6	20° S	110°W

表 2　沿112°W赤道太平洋海温垂直变化(°C)

纬度＼深度	表层	1000m	2000m	3000m	4000m	底层
2° S	24.97	4.59	2.27	1.72	1.49	2.86
0°	21.76	4.57	2.32	1.68		2.94
2°N	26.07	4.55	2.38	1.73		2.90

2. 地热散量温度扰动对表层海温影响尺度估计

考虑一个水平层中的海水，在顶部均匀的受热而底部冷却。由于热膨胀密度向上递减，海水处于重力稳定状态。在不考虑漂流的情况下，海水无运动。如在这层海水的底部外加一个温度扰动，致使非均匀的冷却时便出现密度的水平差异和垂直差异。在浮力和不稳定能量的共同作用下，海水发生垂

* 本文于 1988 年 9 月 20 日收到，1989 年 3 月 22 日收到最后修改稿。

直运动，它是在克服粘滞性和传导性的耗散中被维持的。我们根据温度扰动方程[4]，可粗略地估算出海底温度扰动对表层海温影响的时间尺度。

设东太平洋表层海温为 20°C，海底水温为 0°C，水深 3000 m，当海底火山喷发时底层产生的温度扰动为 1000°C。可求出这一温度扰动的上传速度 $w \approx 1cm/s$，则三天左右这一强温度扰动便可影响到海面。若海底由热液喷发产生 300°C的温度扰动，大约 10 天左右则可影响到海面。由此可见，持续三天以上的海底火山活动以及持续 10 天以上的海底热液喷发，都可对表层海温产生影响。实际上，一次强海底火山活动可长达数月，海底热液喷发可持续一年以上，它们足可以对表层海温产生持续性影响。

另外，若海底溢出 $1km^3$ 的岩浆，可使几十万平方公里表层 20 m 的海水温度升高 1—2°C。1815 年 4 月 5 日塔姆博拉火山一次喷出物多达 $318km^3$[5]。1783 年 6 月 11 日大西洋中脊在长 16Km 的一条裂缝上，岩浆从 22 处同时涌出，流出的岩浆超过 120 亿 m^3。同时，在其附近的海底喷出的熔岩形成一座火山岛，浮石和火山灰覆盖了距火山喷发区 150 Km 的海面[6]。赤道东太平洋洋脊扩张速度为全球之冠[6,7]，而且是太平洋中脊裂谷与沿赤道方向延伸的加拉帕戈斯裂谷相交的三合点以及加拉帕戈斯热点等地热排放口构成的特殊地质部位。这一地区海底火山和深海热泉活动特别频繁剧烈，强烈的地热释放足可以对海表产生千公里尺度以上的温度影响。

3. 1982-1983，1986-1987两次强厄尼诺事件前的火山活动及海底热液喷发

1982-1983 发生了本世纪最强的一次厄尼诺事件，在这次厄尼诺事件发生前，热带太平洋地区火山活动异常剧烈。据徐群[8]提供的资料，1 月 14 日帕甘(Pagan)火山(18.1°N，145.8°E)首先开始大喷发，4 月 5 日加隆贡(GaLunggung)火山(7.25's，108.1°E)也喷发起来。与此同时，位于太平洋东岸的埃尔奇琼(EL·Chichon)火山(17.3°N，93.2°W)3 月 28 日至 4 月 4 日发生了连续性的大喷发。在短短四个月的时间内，赤道太平洋及附近地区连续三处火山大喷发，这在历史上是极其罕见的。据 1883 年以来的资料[9]统计，1982 年是近百年来这一地区火山活动最强烈的一年。特别是埃尔奇琼火山是近百年来仅次于克拉卡托的一次非常强烈的火山活动[9]。不仅火山喷出物会对海温产生影响，而且在火山喷发前后，上涌的岩浆可沿狭窄的裂缝水平侵入达数百公里。火山喷发区周围相当大的地区地热散量都会增加。1982 年 Cyana 号潜艇在埃尔奇琼火山以西的太平洋中脊(110°—105°W，12°41′—12°52′N 及 21°—N附近)发现有强烈的海底热液活动。从海底喷出的海水温度高达380°C±30°C[10]。另外，在赤道西太平洋马里亚纳海槽也发现了两条异常高热流带和热液小丘[11]。我们利用美国 KWBC 报提供的太平洋 50°N—10°S，SST 资料(以下 SST 资料来源同)，对 1982 年太平洋50°N—10°S 范围内海温距平分析发现，海温最大正距平中心首先出现在这些火山喷发区或海底热液活动区附近(图1)。这些在火山或热液活动区形成的暖水团，沿海流方向移动、扩展、合并加强、发展成为 1982—1983 强厄尼诺事件。

1986 年 1 月 19—23 日，福德冈之场 (24°N，142°E 附近) 海底火山喷发[12]，从海中喷出的黑色水柱高出海面 400—500m，喷出的黑烟高3000—6000m。我们对 1986 年太平洋海温分析发现，1986 年 1 月太平洋 SST 最大正距平中心之一就出现在这一火山喷发区和海底热液活动区的附近 (图 2a)。另外自 1982 年埃尔奇琼火山爆发前后，热带太平洋东北部地热散量增加，1982，1984 和 1986 年在热带太平洋东北部，太平洋中脊附近多处观测到海底热液喷发活动。我们对太平洋 SST 距平分析发现，自 1982 年在 10°—30°N，135°—100°W 范围内时强时弱一直保持着一个 SST 正距平区。特别是 1985年 8 月，在44°49′N，130°14′W 又发现一强海底热液活动区[13,14]。自1986 年 8 月开始，在 45°N，130°W这一热液活动区海表 SST 正距平面积迅速扩展，强度逐渐加强，1986 年 10—11 月中心强度达到 3.1°C。这一暖水团沿加里福尼亚洋流向南伸展与热带太平洋热液活动区暖水团连成一片，使整个东北太平洋形成一强大的 SST 正距平区。这一东北太平洋强暖水团，沿北赤道流向西南伸展与由福得冈之场海底火山区东移的暖水团东北西南向连成一片，然后在赤道附近逐渐向东南方向扩展，发展成为 1986—1987

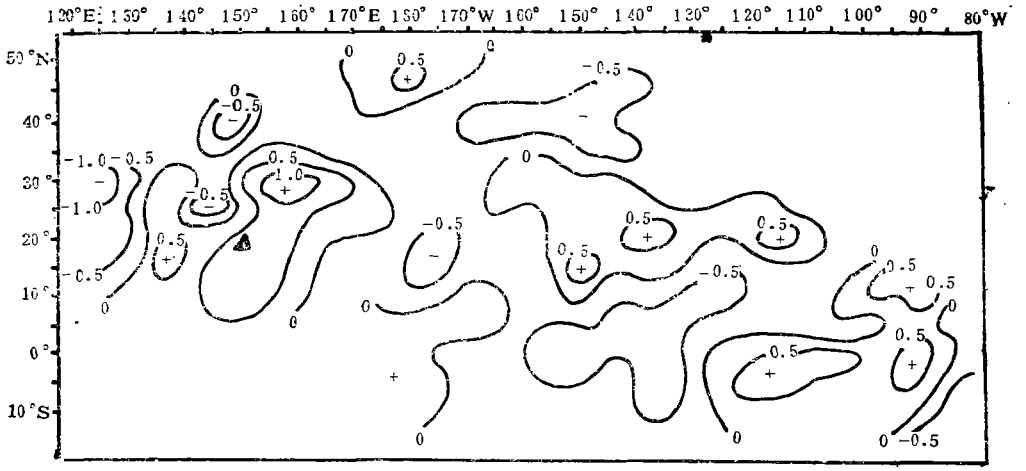


图 1a　1982 年 1 月太平洋海温距平
（▲:帕甘火山位置）

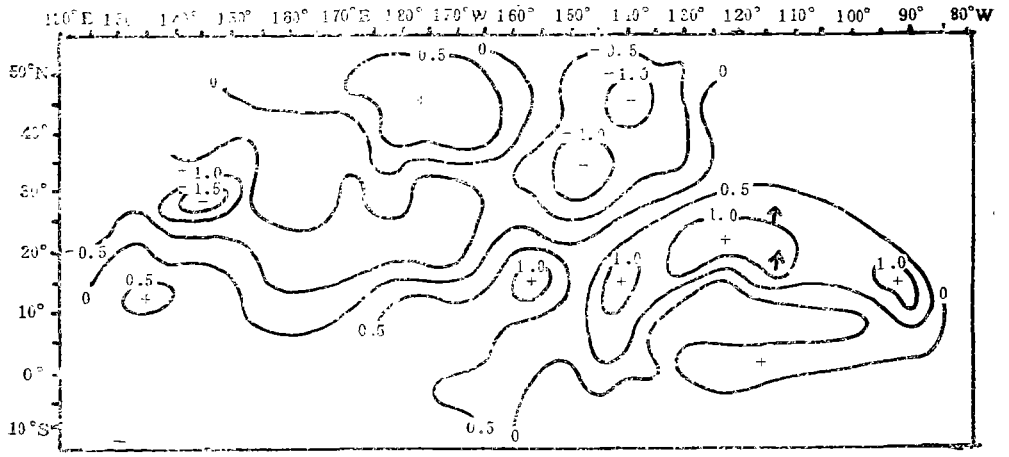


图 1b　1982 年 4 月太平洋海温距平
（↑:海底热液喷发区）

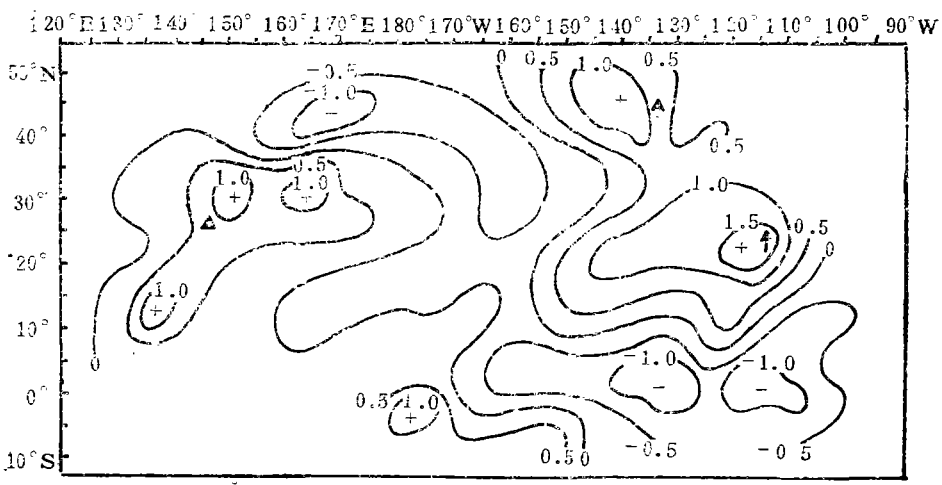


图 2 a　1986 年 1 月太平洋海温距平。
（▲:福德冈之场海底火山位置，↑，同图 1 b）

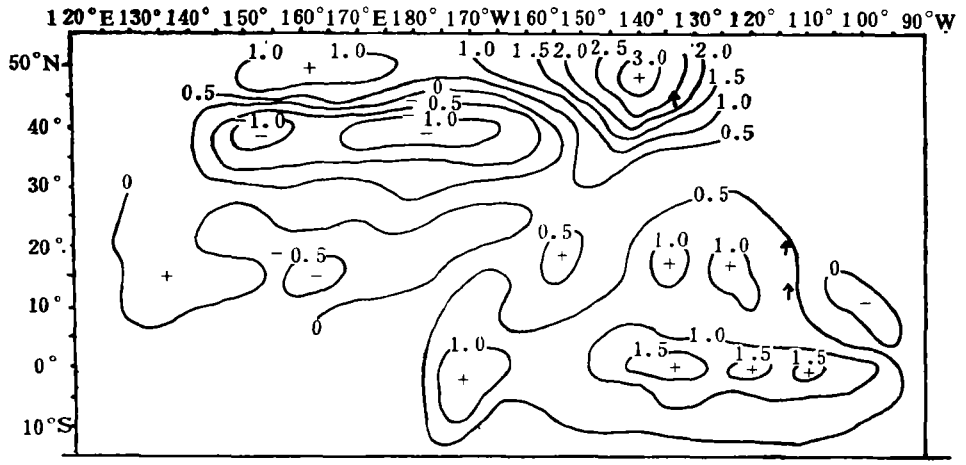


图 2 b 1986 年 11 月太平洋海温距平(说明同图 2 a)

强厄尼诺事件(图 2 b)。

4. 厄尼诺事件与火山及地震关系 统计

表 3 赤道太平洋地区≥7.0 级地震次数与厄尼诺年的关系

年代	地震次数	年代	地震次数	年代	地震次数
1901	2	1928	3	1955	2
1902	2*	1929	2*	1956	0
1903	2	1930	0	1957	4**
1904	0	1931	3	1958	3
1905	1*	1932	4*	1959	0
1906	1	1933	0	1960	0
1907	5	1934	4	1961	0
1908	2	1935	3	1962	3
1909	2	1936	5	1963	2*
1910	1	1937	3	1964	2
1911	4**	1938	5	1965	2*
1912	4	1939	2*	1966	0
1913	3	1940	1	1967	0
1914	3*	1941	5*	1968	5
1915	1	1942	6*	1969	2*
1916	3	1943	5*	1970	4
1917	1	1944	6	1971	2
1918	5**	1945	2	1972	6**
1919	3	1946	4*	1973	2
1920	0	1947	5	1974	0
1921	2	1948	8*	1975	1
1922	0	1949	4	1976	3**
1923	4*	1950	5	1977	2
1924	2	1951	1*	1978	2
1925	6**	1952	2	1979	3
1926	2	1953	1*	1980	3
1927	2	1954	1		

注：* 表示厄尼诺年
** 表示强厄尼诺年

我们根据张先恭等编制的 1500—1970 年全球火山喷发年表和徐群的 1883—1982 年北半球火山灰尘幕指数表[6]中列出的火山，对 1763 年发生在 20°N—10°S，120°E—80°W 范围内的 87 次火山活动与 H. Q. William 等[15]对厄尼诺事件的统计资料中给出的此时段内 19 次强厄尼诺事件进行统计，70%以上的强厄尼诺事件都发生在火山活跃年。Paul Hanler 对低纬度(<20°)火山喷发与东太平洋海温变暖的统计也得到类似的结果[16]。

另外，我们根据时振梁等编制的 1900—1980 年世界地震目录[17]，取赤道太平洋菲律宾群岛，新几内亚岛以及墨西哥高原南部海区等三个地震区(它们分别位于赤道西太平洋俯冲带和赤道东太平洋洋中脊附近)≥7.0 级地震总次数与 H·Q·William 等列出的 1900 年以来的厄尼诺事件进行统计，80%以上的厄尼诺事件都发生在地震活跃年(或次年)。特别是 1900 年以来的 7 次强厄尼诺事件，几乎无一例外，全都是出现在地震活跃年。相反，在此期间 12 个无地震的年份无一年是厄尼诺年(表 3)。赤道太平洋地震活跃，表明太平洋地区地壳活动剧烈，地热散量大。同时，赤道太平洋洋中脊或俯冲带附近强烈地震，可使海底产生许多裂缝，这不仅易触发海底火山喷发[18,6]而且易使海水沿裂缝下侵，形成海底热泉。这可能是历史上地震与厄尼诺事件有较好对应关系的原因。

参 考 文 献

[1] Ramage, C. S. 等，气象学方面的厄尼诺，气象科技，1984，2，30—31。

[2] Rasmusson, E. M. 等，热带海表温度和风场变化与南方涛动—厄尼诺的联系，长期天气预报译文集，114，1987。

[3] U. S. Department of commerce national oceanic and atmospheric administration, Climatological atlas of the world ocean, 123, 1982。

[4] 景振华，海流原理，221—222，科学出版社，1966。

[5] 张虎男，火山，19—96，地震出版社，1986。

[6] 傅承义，大陆漂移海底扩张和板块构造，30，科学出版社，1974。

[7] 尹赞勋，板块构造说的发生与发展，地质地球化学进展，贵州人民出版社，1980。

[8] 徐群，近百年北半球中纬度火山尘幕指数的估量，地球物理学报，28，6，558—568，1985。

[9] 王绍武，美国第七届气候诊断年会，气象科技，1984，4，54—61。

[10] 程名华，大洋裂谷火山作用与热液矿床的若干新资料，国外火山地质，2，36—38，1986。

[11] Udo Fehn 等，板块运动对大洋壳内热液对流圈演化的影响，国外地质，1，11—12，1988。

[12] 小坂丈予，伊豆小笠原储岛近海における海底火山活动とろの温泉化学的研究，温泉科学，36，75—85，1986。

[13] Joe Cann and Ros Strens, Venting events in hot water, Nature-International Weekly Journal of Science, 329, 104—105, 1987.

[14] Baker, E. T., Cataclysmic hydrothermal venting on the Juan de Fuca Ridge, Natue-International Weekly Journal of Science, 329, 149—151, 1987.

[15] William. H. Q. 等，南方涛动，厄尼诺和印度尼西亚干旱的历史趋势和统计研究，长期天气预报译文集，148—151，1987。

[16] Handler Paul, Possible association between the climatic effects of stratospheric aerosols and sea surface temperature in the eastern tropical Pacific Ocean, *Journal of Climatology*, **6**, 31—41, 1986。

[17] 时振梁等，世界地震目录，1，33—42，200—219，140—149，地图出版社，1986。

[18] 石工，火山和地震，73—76，上海人民出版社，1974。

TERRESTRIAL HEAT RELEASE OF THE EQUATORIAL PACIFIC AND EL NINO EVENTS

Liu Houzan　Liu Mengyu

(*Shandong Meteorological Observatory*)

Abstract

Through the analysis of the relationships between terrestrial heat release of the equatorial Pacific and El Nino events, the origin and development of El Nino events are possibly related to the eruption of submarine volcanoes and the sea floor hydrothermal venting of the equatorial Pacific.