

和早期鸟类中这些构造或者还没有出现,或者还很不完备. 娇小辽西鸟的后肢还很保守,除股骨外,胫跗骨不但结构简单,其长度也较股骨略大,且并不强壮. 不论从鸟类飞行地栖起源说,还是树栖起源说来看,娇小辽西鸟的后肢结构都是十分原始的.

娇小辽西鸟趾骨连爪之长超过跗跖骨,与辽宁鸟一致,而且趾爪都不太弯曲,可能是适应相同环境的结果.

综上所述,娇小辽西鸟给我们提供了一早期鸟类崭新的形态类型,使我们对早期鸟类演化有更深入的认识. 早期鸟类的分异比过去认为的(文献[6~8])要复杂的多. 娇小辽西鸟的性质特殊,其系统关系将另文详细论述.

致谢 戎嘉余院士、邱铸鼎教授审阅本稿并大力推荐,邓东兴摄制图版,任玉皋和杨明婉绘制插图,侯琳打印稿件,在此一并致谢;本工作为国家自然科学基金资助项目(批准号:49832020)、中国科学院“九五”资源和环境研究重大基金资助项目(K2951-B1-410).

### 参 考 文 献

- 1 侯连海. 中国中生代鸟类. 南投县:台湾凤凰谷鸟园,1997
- 2 Zhou Z H. The discovery of early Cretaceous birds in China. *Cruzer Forschungsinstitut Senckenberg*, 1995, 181: 9~22
- 3 Martin L D, Stewart J D. Teeth in Ichthyornis (Class: Aves). *Science*, 1977, 195: 1 331~1 332
- 4 Hou L H, Martin L., Zhou Z H, et al. Early adaptive radiation of birds: evidence from fossils from northeastern China. *Science*, 1996, 274: 1 164~1 167
- 5 侯连海, Martin L D, 周忠和, 等. 中国发现从始祖鸟到反鸟的重要缺失环节. *古脊椎动物学报*, 1999(待发表)
- 6 Feduccia A. *The Origin and Evolution of Birds*. New Haven: Yale University Press, 1996
- 7 Ostrom J H. On the origin of birds and avian flight. In: Prothero D R, Schoch R M, eds. *Major Features of Vertebrate Evolution*. Paleontological Society, Short Courses in Paleontology, 1994, (7): 160~177
- 8 Padian K, Chiappe L M. The origin and early evolution of birds. *Biol Rev*, 1998, 73: 1~42

(1998-12-31 收稿)

## 近百年 ENSO 对全球陆地及中国降水的影响

龚道溢 王绍武

(北京大学地球物理系, 北京 100871)

摘要 对近百年全球陆地平均降水量序列进行<sup>2</sup>检验,证明在 El Niño 年,全球陆地平均年降水量显著减少,而在 La Niña 年则显著增加. 近百年来我国东部冬、秋季降水量与 ENSO 有显著的关系: El Niño 年江南地区降水偏多,北方偏少; La Niña 年相反. 夏季的关系不如秋、冬季明显,但 El Niño 年黄河以北有干旱趋势,春季基本没有关系.

关键词 ENSO 全球陆地降水 中国降水

ENSO 具有全球尺度的影响,许多地方的降水、气温等气候要素的异常与 ENSO 有密切联系<sup>[1~4]</sup>,因此人们投入了大量精力来研究区域气候变化(尤其是降水)与 ENSO 的联系. 与此相比,对于全球平均降水量与 ENSO 的可能关系则注意得很少. 当然,这种情况与缺少全球

平均降水量序列有关. 目前已经有一些作者建立了全球陆地平均降水量序列,因此,本文第1个目标是研究 ENSO 对全球陆地平均年降水量的影响.

ENSO 对中国降水的影响已有很多研究,不过以往考虑这个问题时,往往先将 El Niño 及 La Niña 事件或按发生的时间,或按开始的海域等进行分类,这样做势必带进了作者的主观因素. 因为 El Niño 和 La Niña 事件是持续性很强的过程,如果不预先进行分类,那么 ENSO 对中国降水的影响是否存在某些普遍性的规律和现象呢? 另外,过去的研究大多仅限于 1951 年以后,作者等近来建立了 1880 年以来中国降水量序列,因此有可能用较长的序列来研究这个问题,这是本文的第2个目标.

当然,研究 ENSO 对降水的影响首先必须对 ENSO 年进行确认和划分,文献[5]根据 El Niño C 区(0°~10°S,90°~180°W)各月海温距平,给出了 1854~1987 年 ENSO 年表. 本文在其基础上补充 1988 年以来海温资料,使用相同标准,重新确定每一年 ENSO 类型,不过这里所定义的一年不是 1~12 月,而是从春到冬季顺序的 12 个月(即当年 3 月到下年 2 月). 考虑到降水序列的长度,ENSO 年份的划分只从 1870 年开始. 从 1870~1996 年 127 a 中共有 El Niño 年 43 a,La Niña 年 41 a,正常年份 43 a,见表 1.

本文将根据对 ENSO 年的分类结果,利用近百年全球陆地平均降水量及中国四季降水资料对上述两个问题进行分析.

表 1 1870~1996 年期间的 ENSO 年

类型	年份															
El Niño 年	1877	1878	1880	1881	1884	1888	1891	1896	1899	1900	1902	1904	1905	1911	1913	1914
	1918	1919	1925	1926	1930	1940	1941	1944	1945	1951	1953	1957	1958	1963	1965	1968
	1969	1972	1976	1982	1983	1986	1987	1991	1992	1993	1994					
La Niña 年	1870	1872	1873	1874	1875	1882	1886	1887	1889	1890	1892	1893	1894	1898	1903	1906
	1908	1909	1910	1916	1917	1921	1922	1924	1933	1934	1938	1949	1950	1954	1955	1956
	1964	1970	1971	1973	1974	1975	1988	1989	1996							

### 1 全球陆地平均年降水量与 ENSO 的关系

充分利用全球历史气候网(GHCN)站点资料<sup>[6]</sup>,美国国家气候数据中心全球气候实验室与环境研究实验室气候分析中心联合整编了全球陆地格点降水资料(以下称 GCPS 资料),格式为 5 经度 x5 纬度,时间从 1851 年 1 月到 1993 年 12 月,GCPS 资料在处理过程中对数据进行了严格的检测和质量控制,时间和空间上都有较好的连续性<sup>[7]</sup>.

因为前期资料缺失较多,因此只计算 1870~1993 年全球陆地平均年降水量(图 1). 为了对比同时还给出 IPCC1996 年报告中的全球陆地平均年降水序列<sup>[8]</sup>和 NOAA 的序列<sup>[9]</sup>,三者变化非常相似,取 1900~1990 年共同的 91 a 计算相关系数,GCPS 与 IPCC 及 NOAA 序列相关分别达到 0.81 和 0.77,这也从另一个方面说明由 GCPS 格点资料计算的全球陆地平均降水量有较高的代表性.

从图 1 可以非常直观地看出,虽然降水的极小值年与 El Niño 年,极大值年与 La Niña 年并不能严格地一一对应,但很明显,大多数 El Niño 年全球陆地平均年降水量偏少,La Niña 年则偏多. 这种关系统计上是否显著呢? 为与 ENSO 年份的划分标准保持一致,重新按春、夏、秋、冬四季来计算 GCPS 序列年平均降水量,对整个序列平均求距平,再分别统计 El Niño 年、

La Niña 年和正常年份降水距平的正、负符号出现的频次,进行  $\chi^2$  检验,结果见表2. 41个 El Niño 年降水正距平出现6次,负距平则达35次,负距平出现频次是正距平频次的5.8倍;相反,40个 La Niña 年中正距平出现34次,负距平则仅为6次,前者是后者的5.7倍;在42个正常年份里,降水正、负距平各出现19次和23次,大体相当. 计算  $\chi^2$  值高达40.4,远远超出自由度为2时99.9%水平下的信度要求. 因此,El Niño 年全球陆地平均年降水量的减少和 La Niña 年降水量的增加,在统计上是显著的.

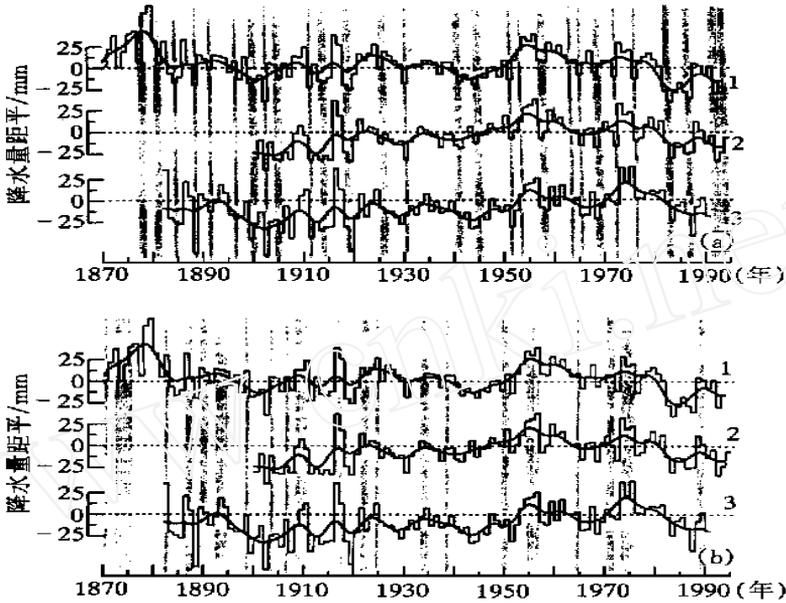


图1 全球陆地平均年降水量距平(对1961~1990年)

(a) El Niño 年; (b) La Niña 年. 1——GCPS, 2——IPCC, 3——NOAA. 光滑实线为低通滤波值

表2 全球陆地平均年降水距平的  $\chi^2$  检验<sup>a)</sup>

	+	-	总频数
El Niño	6(19.7)	35(21.3)	41
正常	19(20.1)	23(21.9)	42
La Niña	34(19.2)	6(20.8)	40
总频数	59	64	123

a) 括号中为计算的频次,  $\chi^2 = 40.4 > \chi^2_{0.001} = 13.8$

对 GCPS 全球降水序列做功率谱分析,达95%信度水平的显著准周期有6.8~7.6, 4.0及2.7~2.8 a,都与 ENSO 的年际变率相近,这也进一步说明,至少在年际时间尺度上, ENSO 对全球陆地平均降水的影响是很重要和显著的.

## 2 中国降水与 ENSO 的关系

王绍武等人<sup>1)</sup>根据降水量观测记录及史料,首次建立了我国东部(110°E 以东)35个站(包括台湾省的台北和恒春两个站)1880~1996年完整的四季降水量(见图2). 其中1880~1899

1) 王绍武,叶瑾琳,陈振华,等. 近百年中国年降水量的重建,1997

年主要依靠史料及少数站降水量观测,1900~1950年根据降水量等级图,并用史料插补,1951年以后完全是降水量观测.3段时间降水量观测记录分别占22.6%,69.0%和100.0%.分析表明这个序列对我国近百年来降水量变化有很好的代表性.为与前面分析全球陆地降水方法保持一致,这里的年降水量也以春季到冬季作为一年来计算.

参考前节方法,计算近百年来中国平均年降水量距平,再统计 El Niño 年、La Niña 年和正常年份降水正、负距平的频次,发现正、负距平在 41 个 El Niño 年中分别出现 22 次和 19 次,在 35 个 La Niña 年分别为 20 次和 15 次,40 个正常年为 19 次和 21 次,可见不管是 El Niño 年、

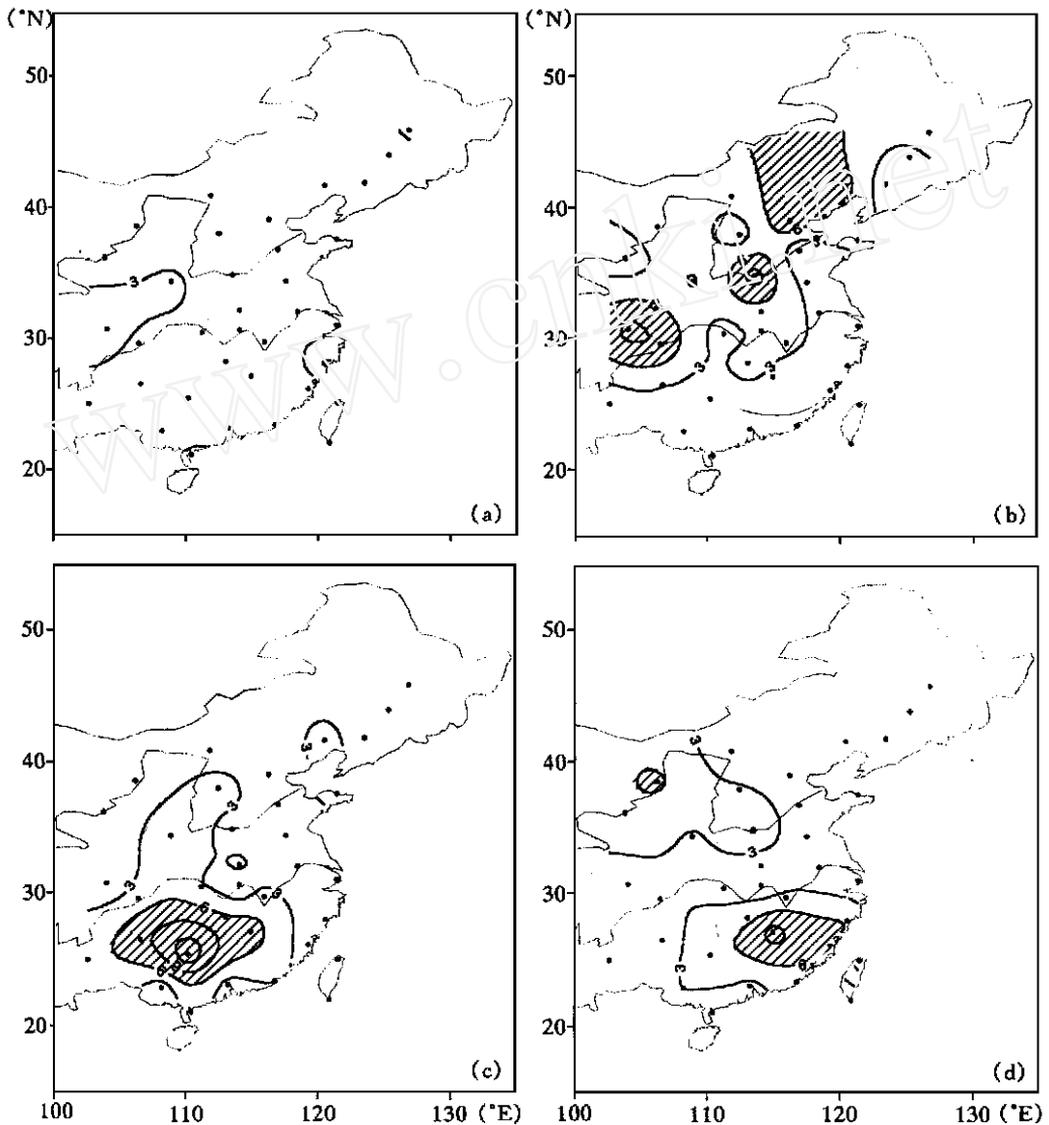


图2 35个站春季(a)、夏季(b)、秋季(c)和冬季(d)降水量距平的 $t^2$ 值分布  
阴影区表示 $t^2$ 超过95%信度水平,黑点为35个站的位置

La Niña 年还是正常年,正、负距平出现的频次(°N)都大致相当,所以  $t^2$  值仅为 0.71,远远低于信度水平. 因此,根据近百年来的我国降水序列判断,我国整个东部地区平均年降水量的变化与 ENSO 的关系并不明显.

那么,分地区和季节情况又怎样呢? 分别按春、夏、秋、冬四季及年平均对 35 站进行  $t^2$  检验,  $t^2$  值超过 95% 信度水平站点数多且分布又较为集中的是冬季和秋季. 冬季超过信度水平的站点集中分布在江南地区; 秋季集中分布在江南及西南地区,图 2 中给出了四季降水的  $t^2$  值分布,其中超过 95% 信度区用阴影表示. 对 41 个 El Niño 年的降水距平百分率进行合成分析,显示冬季和秋季江南地区在 El Niño 年降水有增加、黄河中游地区有减少的趋势. 夏季达到信度的站点分布比较分散,主要在华北、四川等地,El Niño 年份里,华中、华北地区夏季降水也有偏少的趋势,但不如冬季和秋季明显(图 3). La Niña 年降水距平的变化则与此相反. 春季降水与 ENSO 几乎没有什么关系.

在建立 1880 年以来的序列时应用了史料,而且只有 35 个站,对于这个结论的可靠程度还可以作一个检验. 因此,对 1951~1997 年我国大陆东部地区 120 站四季及年降水,按同样方法计算各站  $t^2$  值,作出此期间所有 18 个 El Niño 年和 12 个 La Niña 年降水距平百分率合成图,结果表明近 40 多年来东部地区 120 站  $t^2$  值(图略)及降水异常分布型式(图 3)与近百年上述 35 个站分析结果非常相似. 这也从另一方面说明近百年来我国降水与 ENSO 的这种关系是有较好代表性和稳定性的.

根据对 1870 年以来全球陆地年降水量序列(GCPS)的分析发现,El Niño 年降水减少,La Niña 年降水增加,平均降水量距平分别达到 -12.0 和 11.7 mm. 中国降水量如取东部地区平均,则看不出与 ENSO 有任何关系;分地区和季节来看,秋、冬季 El Niño 年江南多雨,北方少雨,La Niña 年相反,夏季则 El Niño 年北方的干旱趋势明显. 无论用 1880 年以来经过插补的 35 个站资料还是 1951 年以来 160 个站资料,所得结论基本一致. 顺便指出,1997 年未参加统计,但这年夏季北方的干旱,秋、冬江南的多雨是非常突出的. 据最新资料,1997~1998 年的 El Niño 事件的强度是非常大的<sup>[10]</sup>,正好与据过去百年资料统计显示出的 El Niño 年中

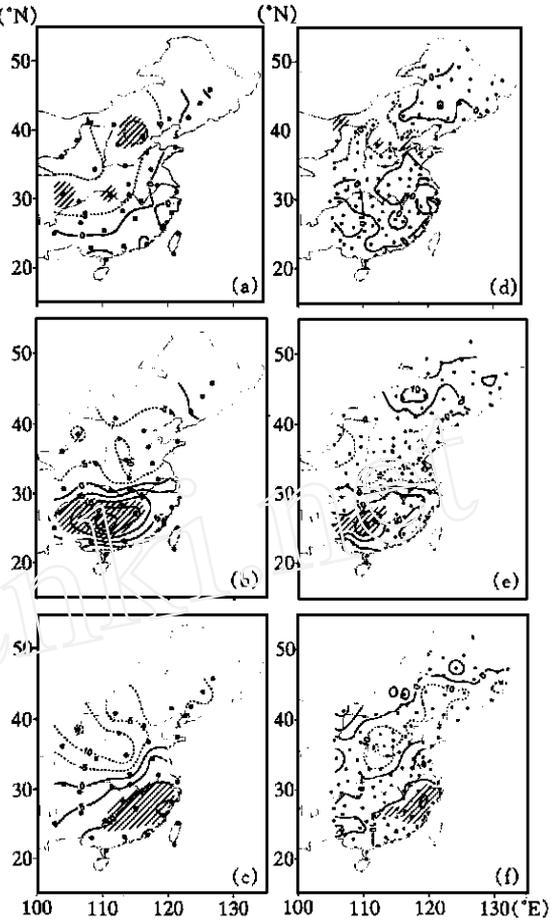


图 3 El Niño 年夏、秋和冬季降水距平百分率合成图(%)

(a)、(b)和(c)分别为 35 个站 1870~1994 年中 41 个 El Niño 年夏、秋、冬季平均; (d)、(e)和(f)分别为东部 120 个站 1951~1996 年中 18 个 El Niño 年夏、秋、冬季平均. 阴影区表示通过  $t$  检验 95% 信度水平,黑点为站点的位置

国降水的异常相一致.

致谢 本工作作为国家自然科学基金(批准号:49635190)资助项目.

### 参 考 文 献

- 1 Kiladis G N, Diaz H F. Global climate anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation. *J Climate*, 1989, 2: 791 ~ 802
- 2 Ropelewski C F, Halpert M S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Nino/ Southern Oscillation. *Mon Wea Rev*, 1987, 115: 1 606 ~ 1 626
- 3 Ropelewski C F, Halpert M S. Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation. *J Climate*, 1989, 2: 268 ~ 284
- 4 Glantz M H, Katz R W, Nicholls N. *Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 1 ~ 535
- 5 Zang Hengfan, Wang Shaowu. El Niño and anti-El Niño events in 1854 ~ 1987. *Acta Oceanologica Sinica*, 1990, 9(3): 353 ~ 362
- 6 Vose R S, Schmoyer R L, Steurer P M, et al. The Global Historical Climatology Network: long-term monthly temperature, precipitation, sea level pressure, and station pressure data. ORNL/CDIAC-53, NDP-041. Carbon Dioxide Analysis Center, 1992. 100
- 7 Baker C B, Eischeid J E, Karl T R. The quality control of long-term climatological data using objective data analysis. Preprints of AMS ninth conference on applied climatology. Dallas, TX, 15-20 January, 1995
- 8 IPCC. Climate Change 1995: the Science of Climate Change. In: Houghton J T, Meira F G, Callander B A, et al. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 152 ~ 156
- 9 WMO UNEP. The Global Climate System, Climate System Monitoring. Dec 1988-May, 1991, 1992: 25 ~ 29
- 10 Climate Prediction Center: Climate Diagnostics Bulletin, U. S. Department of Commerce, NOAA NWS NCEP, December 1997

(1998-02-19 收稿, 1998-06-09 收修改稿)

## 西藏昂仁湖全新世硅藻记录与环境演变

李升峰 王富葆 张捷 申旭辉 曾昭琪

( 南京大学城市与资源学系, 210093; 中国地震局地质研究所, 100029;  
南京大学生物系, 210093)

**摘要** 通过西藏昂仁湖剖面硅藻的组合、种数、生态习性和年沉积速率特征得出该地区在 11 000 ~ 6 000 aBP 间经历了寒冷期(11 095 ~ 9 970 aBP) 温和期(9 970 ~ 9 870 aBP) 升温期(9 870 ~ 9 770 aBP) 凉干期(9 770 ~ 8 740 aBP) 超高温期(8 740 ~ 8 590 aBP) 高温期(8 590 ~ 5 970 aBP)的演变序列,同时提出并论证了硅藻对温度变化的响应通常比对其他环境要素更敏感的论点.

**关键词** 硅藻 西藏 全新世

昂仁湖位于西藏南部昂仁县雅鲁藏布江北岸、冈底斯山南麓(29°18' N, 87°11' E),湖面面积 320