

# ENSO 对江南及印度降水影响的比较

肖海平<sup>1)</sup> 龚道溢<sup>2)</sup>

1) 民航中南空管局气象中心, 广州, 510405

2) 北京师范大学资源所, 北京, 100875

**摘要:** 根据近百年来江南及印度降水资料, 对比分析了各季降水与 ENSO 的关系。统计表明 El Nino 发生时印度夏季和秋季降水的减少最显著, 分别比多年平均减少 4.5% 和 6.0%, La Nina 时则分别增加 6.6% 和 8.1%。对江南降水的影响最显著的是冬季, 在 El Nino 事件时降水比多年平均偏多 18.5%, La Nina 时偏低 17.7%。降水的年代际变化可以影响 ENSO 与降水的关系。90 年代江南处于多雨期, 加上 El Nino 现象接连发生, 因此造成 90 年代以来我国南方严重的洪涝灾害频频发生。80 年代以来, ENSO 与印度和江南降水的关系发生了显著的变化, 与印度降水的关系在减弱, 而与江南降水的关系则在加强, ENSO 本身特征的变化及全球变暖可能是造成这种变化的重要原因。

**关键词:** ENSO, 影响, 江南, 印度

## 1 前言

早在 20 世纪二、三十年代 Walker 就发现南方涛动与印度降水的异常有非常密切的联系。后来大量的研究证实, 当出现 El Nino 现象时, 印度季风雨异常偏少, 印度容易出现干旱; 当 La Nina 现象出现时印度季风雨则通常会偏多。与印度相比, ENSO 对中国降水影响的研究则要复杂一些。虽然涂长望先生在三十年代, 就注意到南方涛动对我国的可能影响, 并曾试图用南方涛动指数来对我国夏季旱涝进行预测, 但此后对这个问题的研究则停顿了下来。当然缺乏足够的降水资料是一个很重要的原因。根据 1951 年以来的完整观测资料分析, 刘永强和丁一汇指出, ENSO 是影响我国夏季降水的主要因子之一, ENSO 当年我国大范围天气气候异常以少雨, 偏冷为基本特征, 而 ENSO 年秋季江南多雨。符宗斌等认为 ENSO 当年长江中下游地区夏季 (6~8 月) 降水偏少。陈菊英则认为长江中下游至江淮地区 6~8 月是多雨中心区。不同的作者有一些出入, 可能与研究资料过短有关。因为 1951~1998 年, El Nino 只发生过 14 次, La Nina 则发生过 8 次。龚道溢和王绍武利用 1880 年以来的季降水资料分析, 发现近百年来我国东部北方地区 El Nino 年夏秋、秋季和冬季降水都偏少, 而江南则偏多。La Nina 年则相反。其中, 江南地区秋季和冬季降水的变化与 ENSO 的关系最为显著。

印度和中国东部地区都属于亚洲季风区, 印度与中国降水也有一定的关系。郭其蕴和王继琴发现印度的雨量变化与中国各地雨量的相关关系有正有负, 最明显的是印度中西部与我国华北地区有较高的正相关。不过, 考虑到我国南方降水主要受季风且与 ENSO 间有最显著的联系, 所以本文主要比较分析 ENSO 对印度及我国江南地区降水异常的影响。比较 ENSO 对印度和中国降水影响的异同, 有利于加深对 ENSO 影响机制的理解。

## 2 资料

本文所用的资料包括印度降水资料, 我国降水资料和 Nino3 区的海温资料。印度降水资料取自全球陆地  $5^{\circ} \times 5^{\circ}$  格点降水资料, 是由 Hulme 整理并提供的。印度地区有 19 个格点, 时间长度是从 1900 年 1 月至 1998 年 12 月共 99 年。以这 19 个格点的平均来代表整个印度。见图 1。我国的降水资料取自中国东部 35 个站降水序列, 因为只分析江南, 故选取其中  $18^{\circ} \sim 28^{\circ} \text{N}$ ,  $105^{\circ} \sim 120^{\circ} \text{E}$  共 8 个站的数据, 也取其中 1900~1998 年。8 个站分别是广州、汕头、湛江、南宁、桂林、长沙、九江和吉安。这 8 个站对南方的代表性如何? 可以做一

下比较, 1951 年以来完整观测资料的 160 站中, 取范围 18~28°N, 105~120°E 内 30 站平均, 与其中只取 8 站平均序列计算相关系数(1951~1998 年 48 年资料), 发现其四季的相关系数均在 0.9 以上, 见表 1。这说明 8 个站平均能很好代表江南地区。因此, 本文主要对比分析这 8 个站平均序列及印度降水序列与 ENSO 的关系。见图 2。另外, 使用的海温资料采用的是 Nino3 区 SST, 其序列长也取 1900~1998 年。

表 1 江南 8 站平均与 30 个站平均降水量的相关

	春季	夏季	秋季	冬季	年降水量
相关系数	0.96	0.91	0.95	0.99	0.94

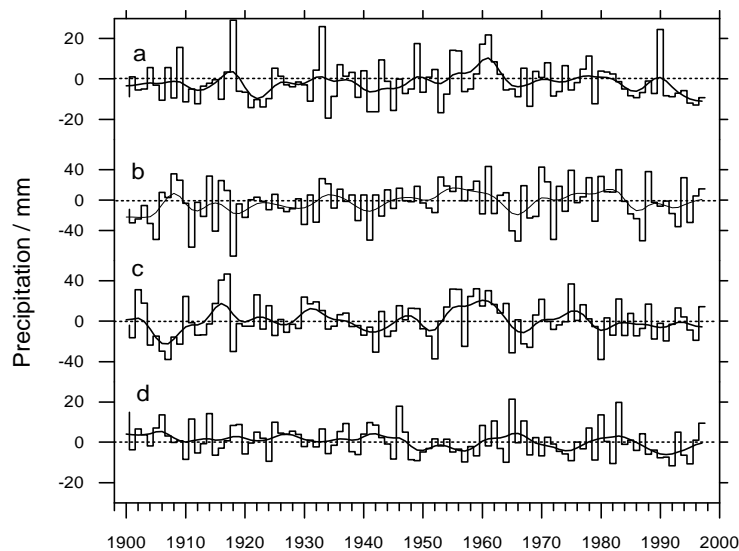


图 1. 印度降水距平序列(a. 春季 b. 夏季 c. 秋季 d. 冬季)

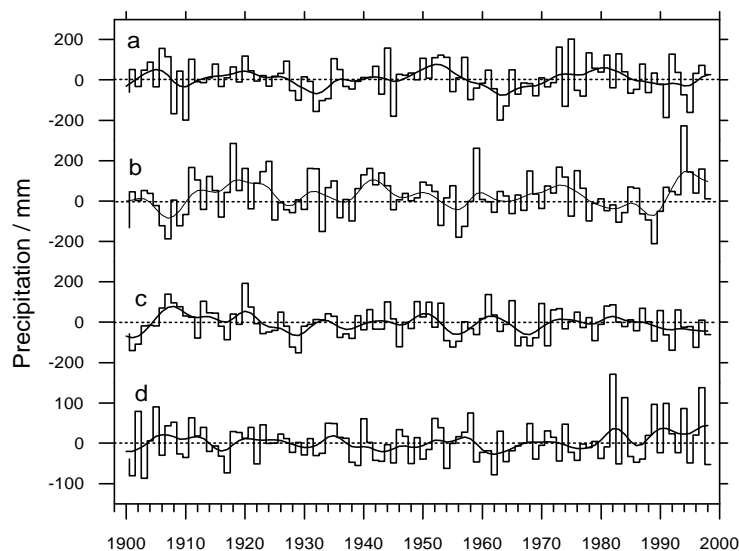


图 2. 江南降水距平序列(a. 春季 b. 夏季 c. 秋季 d. 冬季)

### 3 ENSO 影响季节差异的比较

以往的研究比较印度与中国降水的关系时多侧重于雨季或夏季, 由于印度降水主要在雨季, 所以分析 ENSO 对降水影响时也多是针对 6~9 月。其实就印度与江南降水的关系来

看,可能不仅仅是夏季,在其它季节二者间也可能有显著的关系。表 2 中给出了江南各季节降水与同期、超前和落后一个季的印度降水的相关。可见,最密切的是夏季同期降水,二者间呈显著的负相关。当夏季印度降水多时,南方地区降水少。这与竺可桢的观点一致,即印度季风强时,能迅速推进到我国华北地区,因此华北多雨而南方地区反而降水偏少。秋季也是二者同期相关系数最大,也是负相关,不过达不到信度水平。冬季同期的相关很低,但有趣的是相隔一个季节二者间却有显著的关系。总的来看夏季和冬季二者关系较密切,秋季同期关系减弱,而春季则几乎毫无关系。

上面的分析说明不同季节印度降水和江南降水的影响因子中有着一定的联系和差异。而在其中 ENSO 在各季节的降水变化又有什么影响呢?图 3 是 4 个季节江南和印度降水与 Nino3 区 SST 的交叉相关。即计算 SST 超前降水 4 个季到 SST 落后降水 4 个季时,与降水的相关。

表 2 江南各季降水与同期(0)及前一个季节(+1)和后一个季节(-1)的印度降水的相关

	季节数		
	-1	0	+1
春季	0.04	-0.01	0.01
夏季	0.03	-0.26*	-0.15
秋季	0.02	-0.13	0.02
冬季	-0.23*	-0.05	-0.25*

\* 达 95%信度水平

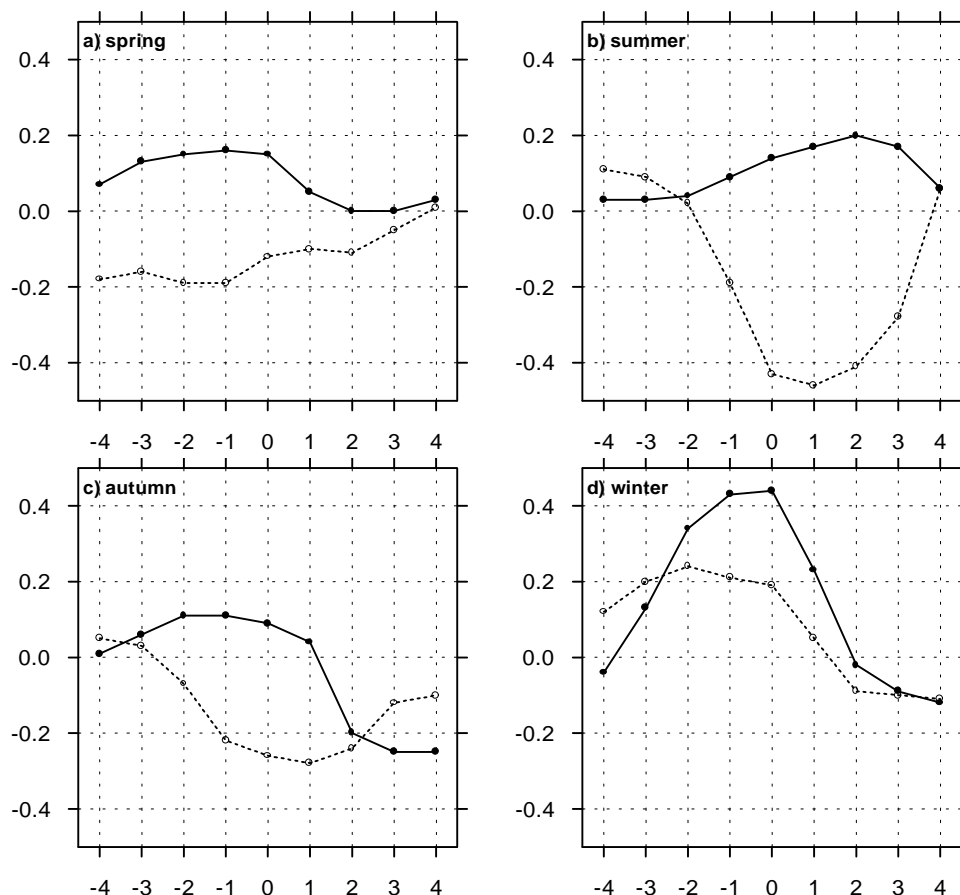


图 3.印度(虚线)和华南(实线)四季降水与 Nino3 区 SST 的交叉相关系数,横坐标中负值为 SST 超前降水的季节数,正值为降水超前 SST 的季节数)

根据图 3(a), 可以发现春季江南降水与前期 Nino3 区的海温存在正相关, 与上年冬季海温正相关最高达 0.18, 印度降水则不同, 它与前一季海温存在负相关达最大, 为 0.19, 接近信度水平。同期则相关略有下降。不过不管是印度还是江南, 春季降水与海温的相关都不是很高。这与其它几个季节相比更明显。图 3(b)是夏季的情况, 江南降水与 Nino3 区海温均为正相关, 尤其是当年冬季最大, 为 0.21, 达到 95%信度水平。印度夏季降水与当年夏季 Nino3 海温的负相关也达到-0.48, 不过最大的相关出现在秋季。秋季江南降水与 Nino3 区 SST 的相关整体上不如印度降水与 SST 的相关显著。在冬季, 江南降水与同期 Nino3 区 SST 相关最显著, 达 0.43; 印度降水也与前期夏季 SST 也存在正相关, 达 0.29, 同期相关也达信度水平, 为 0.20。这些特征还显示出一种倾向, 即与 ENSO 的关系都趋于在冬季达最大, 这与 ENSO 的发展呈一种锁相关系, 因为 ENSO 事件通常都是在冬季发展到最强。当然, 具体的联系机制还有待进一步研究。

总体看来, 根据相关分析的结果可以看出, 4 个季节中江南的降水在 El Nino 事件发生时都趋于偏多。而印度的降水春季、夏季和秋季都趋于减少, 冬季则趋于偏多。La Nina 事件时情况相反。这在表 3 和表 4 中也很清楚。表中分别统计了各个季节江南和印度在 ENSO 事件期间的平均降水变化。表中反映出的降水与 ENSO 的关系与相关分析的结果是一致的。在印度, 夏季和秋季的关系最显著, El Nino 事件发生时夏季降水比多年平均减少 4.5%, La Nina 时则增加 6.6%, 秋季其变化量分别是多年平均的 6.0%和 8.1%。进行 t 检验, 也都达 95%信度水平。此外春季 El Nino 时比平均偏低 9.6%, La Nina 时偏多 1.7%, t 检验也接近 95%信度水平。对于江南, 最显著的是冬季, 在 El Nino 事件时降水比多年平均偏多 18.5%, La Nina 时偏低 17.7%。夏季也接近 t 检验 95%信度水平, 在 El Nino 事件时降水比多年平均偏多 3.9%, La Nina 时偏低 4.3%。

表 3. 印度降水与 ENSO 事件的关系

	春季	夏季	秋季	冬季
El Nino	-3.47mm	-11.45mm	-6.66mm	1.46mm
La Nina	0.61mm	16.99mm	8.97mm	-1.16mm
t 检验值	1.83	4.27*	3.45*	1.36

\* 达 95%信度水平

表 4. 江南降水与 ENSO 事件的关系

	春季	夏季	秋季	冬季
El Nino	7.32mm	24.25mm	12.91mm	24.39mm
La Nina	-21.58mm	-26.94mm	-1.05mm	-23.42mm
t 检验值	1.06	1.71	0.82	3.75*

\* 达 95%信度水平

此外, 比较 4 个季节印度和江南降水与 ENSO 的关系, 还可以发现春季、夏季和秋季交叉相关系数江南主要是正相关, 印度是负相关, 而且相关系数的变化印度和江南大致呈相反的关系。而在冬季, 情况则不同, 与海温的关系及变化都大体相同。这说明 ENSO 影响江南及印度降水的途径, 在冬季与其它季节可能不同。因为对我国江南地区的降水来说, 春季、夏季和秋季, 西南季风是一个来源, 同时对于南边及东南方面(如西太平洋副热带高压)的影响可能更为重要。而在冬季, 冬季风是一个主要因素, 而 ENSO 影响冬季风的途径显然与影响夏季风的方式是不同的。

#### 4 ENSO 影响的年代际变化

很多研究注意到印度的降水与 ENSO 的关系有时很好, 而有时则不明显。如 20 世纪

强度达 1 级的最强的 5 次 El Nino, 印度季风雨的变化情况, 1904/1905 事件季风雨的距平百分率为-14.3%(1905 年), 1939/1941 事件时-13.1%(1941 年), 1982/1983 为-12.3%(1982 年), 1986/1987 事件时-16.8%(1987 年), 1991/1992 事件时为-6.4%(1991 及 1992 年), 1997/1998 事件时+3.4%(1997 年)。可见虽然 1997/1998 年的 El Nino 是近百年来最强的一次, 但印度季风降水却并没有象以往一样明显偏少, 而是比正常还稍多一点。造成这种情况的一个可能原因是降水本身存在年代际的变化。Joseph 曾指出印度的降水存在明显多雨期和少雨期, 最近 Kripalani 和 Kulkarni 的研究进一步表明, 印度降水的多雨期和少雨期存在约 30 年的周期, 当处于少(多)雨期时, 如果发生 El Nino (La Nina) 事件时, El Nino (La Nina) 对印度干旱(洪涝)的影响就显得特别突出。从图 1 可以看到, 在最近的约 50 年时间里, 印度夏季降水在 50 年代、70 年代和 90 年代是偏多的时期, 而在 60 年代和 80 年代则是处于少雨的时期。因此, 由于 90 年代印度降水处于一个偏多的时期, 虽然频繁发生强的 El Nino 事件, 也并无大的干旱出现。而 80 年代是一个降水偏少的时期, 所以 1982/1983 及 1986/1987 的两次 El Nino 都给印度造成严重干旱。

表 5. 江南多雨期降水异常与 ENSO 事件的关系

	春季	夏季	秋季	冬季
El Nino	13.82mm	64.67mm	18.91mm	39.23mm
La Nina	-20.66mm	-1.58mm	8.89mm	-22.53mm

表 6. 江南少雨期降水异常与 ENSO 事件的关系

	春季	夏季	秋季	冬季
El Nino	-4.24mm	-49.24mm	1.99mm	1.46mm
La Nina	-23.58mm	-123.33mm	-30.89mm	-26.54mm

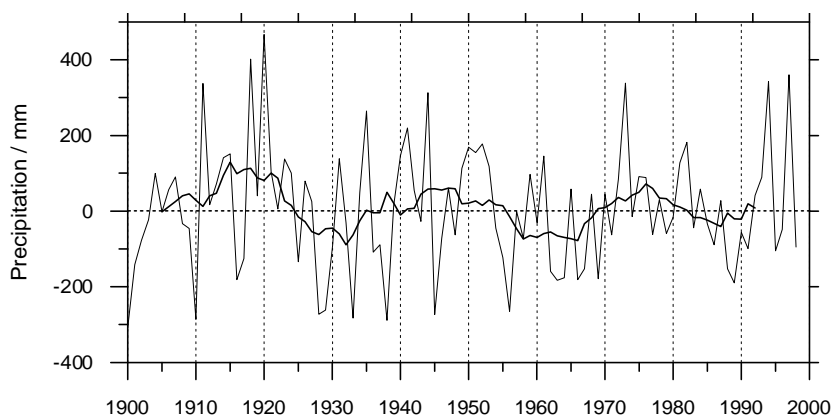


图 4 江南年降水量的变化(粗实线为 11 年滑动平均 1880-1998)

一些研究发现我国降水存在 20~30 年的波动。从图 4 中可以很清楚地看到, 江南年降水也存在显著的年代际变化。根据 11 年滑动平均的结果, 可以大体上划分出多雨的时段, 包括 1900~1924, 1940~1955, 1970~1980, 1990~1998; 少雨的时段包括 1925~1939, 1956~1969, 1981~1989。如果分开来看, 降水偏多的时段在发生 El Nino 时, 江南夏季、秋季和冬季降水都比处于少雨期间发生 El Nino 时的降水明显偏多。与次相反, 同样是发生 La Nina 事件, 在少雨期时比处于多雨期要偏低很多。这在表 5 和表 6 中非常清楚。因此, 90 年代 El Nino 现象接连发生, 而且同时也处于多雨期, 因此造成 90 年代以来我国南方严重的洪涝灾害频频发生。

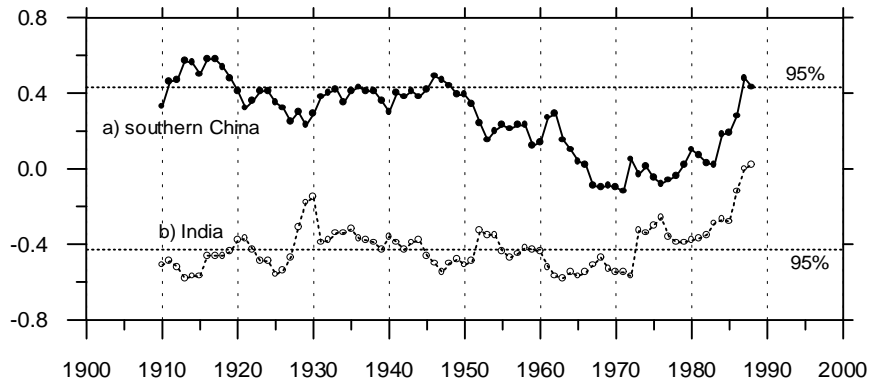


图 5 印度年降水(虚线)及江南年降水(实线)与 Nino3 区海温的 21 年滑动相关系数

当然，降水本身的年代际变化只是可能改变 ENSO 影响年际降水异常的一个方面。从另一个方面来说，ENSO 与降水间的联系也可能会发生改变。图 5 中给出了江南和印度年降水量与 Nino3 区海温的 21 年滑动相关系数。印度降水与海温的显著相关在 70 年代中后期以前，虽然略有波动但一直相对比较稳定，但从 70 年代后期开始，二者的相关呈直线下降，最近的相关则接近于 0。江南年降水与海温的相关在 40 年代以前较高，从 50 年代到 70 年代初呈下降趋势，从 70 年代中后期以来相关系数则又逐步上升，最近的关系则达到了 95% 信度水平。值得注意的是从 70 年代中后期以来，印度和江南的降水与海温的关系几乎是完全相反的，一个关系是直线下降，另一个则是直线上升。尤其是 80 年代以来的趋势更为明显。这是否说明近 20 年来 ENSO 影响降水的机制发生了变化呢？Kumar 等认为 ENSO 与印度季风降水的关系，在最近一段时期表现得很弱，可能与两个方面的原因有关。一是原因是 ENSO 本身的特征发生了变化，Walker 环流的上升及下沉支的位置在 80 年代以来向东南方向发生显著的移动；另一个原因可能是近来全球变暖导致欧亚大陆冬、春季节的异常变暖，使得海陆的热力梯度增加，导致强的季风，因此印度降水增多。这种解释的确可以较好解释将来印度降水与 ENSO 关系的反常。不过，是否是同样的原因造成近来江南降水与 ENSO 的相关增加的呢？还需要深入的研究。

## 5 结论

相关分析的结果表明 4 个季节中江南的降水在 El Nino 事件发生时都趋于偏多。而印度的降水春季、夏季和秋季都趋于减少，冬季则趋于偏多。La Nina 事件时情况相反。在印度，夏季和秋季的关系最显著，El Nino 事件发生时夏季降水比多年平均减少 4.5%，La Nina 时则增加 6.6%，秋季其变化量分别是多年平均的 6.0% 和 8.1%。对于江南降水，最显著的是冬季，在 El Nino 事件时降水比多年平均偏多 18.5%，La Nina 时偏低 17.7%。

降水本身存在年代际的变化。多雨期与少雨期 ENSO 的影响是有差别的。降水偏多的时段在发生 El Nino 时，江南夏季、秋季和冬季降水都比处于少雨期间发生 El Nino 时的降水明显偏多。同样是发生 La Nina 事件，在少雨期时的降水距平比处于多雨期时降水距平要偏低很多。90 江南处于多雨期，加上 El Nino 现象接连发生，因此造成 90 年代以来我国南方严重的洪涝灾害频频发生。

80 年代以来，ENSO 与印度和江南降水的关系发生了显著的变化，与印度降水的关系在减弱，而与江南降水的关系则在加强，ENSO 本身特征的变化及全球变暖可能是造成这种变化的重要原因。

## 参 考 文 献

- Hulme M, Osborn T J, Johns T C. Precipitation sensitivity to global warming: comparison of observations with Had CM2 simulations. *Geophys. Res. Lett.*, 1998, 25, 3379~3382
- Kaplan A et al. Reduced space optimal analysis for historical datasets: 136 years of Atlantic sea surface temperatures. *J G R.*, 1997, 102(C13):27835~27860.
- Kripalani R H, Kulkarni A. Climatic impact of El Nino/La Nina on the Indian monsoon: A new perspective. *Weather*, 1997, 52(2): 39~46
- Kumar K K, Rajagopalan B, Cane M A. On the weakening relationship between the Indian monsoon and ENSO. *Science*, 1999, 284, 2156-2159
- 王绍武, 龚道溢. 近百年来的 ENSO 事件及其强度. *气象*, 1999, 25(1):9~13
- 叶瑾琳, 王绍武, 李晓东, 赵宗慈. 亚非季风区夏季降水变率. *气候与环境研究*, 1996, 1(2): 173~184
- 叶瑾琳, 陈振华, 龚道溢, 王绍武. 近百年中国四季降水量异常的空间分布特征. *应用气象学报*, 1998, 9(增刊):57~64
- 刘永强, 丁一汇. ENSO 事件对我国夏季降水和温度的影响. *大气科学*, 1995, 19(2): 200~208
- 严中伟. 华北降水年代示振荡及其与全球温度变化的联系. *应用气象学报*, 1999, 10(增刊): 16~21
- 陈菊英. 中国夏季降水与厄尔尼诺的互相关分析及对 1986—1987 年厄尔尼诺/南方涛动现象的预测效果检验. *长期天气预报论文集*. 北京: 气象出版社, 1990, 174~181
- 郭其蕴, 王继琴. 中国与印度夏季风降水的比较研究. *热带气象*, 1988, 4(1):53~60
- 符淙斌, 滕星林. 我国夏季的气候异常与厄尔尼诺/南方涛动现象的关系. *大气科学*, 1988(特刊), 133~141
- 龚道溢, 王绍武. ENSO 对中国四季降水的影响. *自然灾害学报*, 1998, 7(4):44~52
- 龚道溢, 王绍武. 近百年 ENSO 对全球陆地及中国降水的影响. *科学通报*, 1999, 44(3): 15~319

[1999.12, 投 自然灾害学报]