

关于我国夏季气候年代际变化特征 及其可能成因的研究*

周连童 黄荣辉

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

摘 要 利用我国 160 个台站 1951~2000 年夏季 (6~8 月) 降水和气温观测资料, 以及 NCEP/NCAR 海温、风场和水汽的再分析资料, 分析了我国夏季风降水和气温的年代际变化特征及其可能成因。分析结果表明, 我国夏季降水有明显的年代际变化, 在 1976 年前后发生了一次明显的气候跃变, 从 1977 年到 2000 年夏季长江流域的降水明显增加, 而华北地区和黄河流域夏季降水明显减少, 出现了严重干旱。分析结果还表明, 我国西北地区降水的振荡位相要超前于华北地区降水振荡位相 5~8 年, 华北地区气候年代际时间尺度变化是从 1977 年起降水减少, 气温上升; 但西北地区从 20 世纪 70 年代开始, 则温度升高, 降水增多。此外, 分析结果也表明我国气温同样有年代际变化, 但不如降水年代际变化明显。作者还从热带太平洋 SST (海面温度) 的年代际变化及其对中印半岛和东亚上空水汽输送的影响, 分析了上述我国气候年代际变化的可能成因。分析结果表明, 热带中东太平洋的 SST 也有明显的年代际变化, 从 1976 年以后热带中东太平洋海水明显增暖, 出现了明显的“类似 El Niño 型”的 SST 距平分布, 呈现出“年代际的 El Niño 现象”。这种海温异常分布减弱了亚洲夏季风, 从而减弱了从热带太平洋、中国南海和孟加拉湾向东亚的水汽输送, 造成水汽输送在长江流域辐合, 使到达华北地区的水汽大大减弱, 因此引起长江流域降水明显增加, 而华北地区明显减少, 出现了持续性严重干旱。

关键词: 气候; 降水; 年代际变化; 水汽输送

1 前言

从 20 世纪 90 年代中期起, 年代际气候变化 (interdecadal climate variability) 已成为国际气候学研究的热门问题之一, 也是气候变化与可预测性研究计划 (CLIVAR) 的重要研究内容之一。

关于全球气温变化, Hansen 等^[1]已有较详细的研究, 指出最近 100 年全球气温上升了约 0.8 °C, 其中从 20 世纪 70 年代末到 20 世纪末上升了约 0.3 °C。Bradley 等^[2]分析了北半球气温与中国气候变化的异同, 指出中国气温变化总的趋势与北半球气温变化相类似, 但在年代际时间尺度上的变化, 两者是有所区别的。陈隆勋等^[3]比较了中国 20 世纪 80 年代与 50 年代气温的区别, 指出中国北方 (包括华北、东北和西北) 气温在 80 年代有明显的上升趋势。

2002-11-19 收到, 2003-05-22 收到再改稿

* 国家自然科学基金资助项目 40231005 与国家重点基础研究发展规划项目 G1998040900 (1) 共同资助

中国处于东亚季风区, 由于受季风的影响, 气候的年代际变化与全球气候的年代际变化有不同之处, 降水比起气温有更明显的年代际变化。为此, 黄荣辉等^[4]利用最近 40 年中国降水资料分析了中国降水的年代际变化, 指出中国降水有明显的年代际变化, 并引起严重的气候灾害, 特别是华北地区发生了持续性干旱, 导致该地区水资源缺乏; 而长江流域经常发生洪涝, 造成了严重的经济损失。1998 年长江流域的洪涝也与气候的年代际变化有关系^[5]。

发生在 1976 年前后的我国气候跃变具有全球性, Nitta 等^[6]指出北半球环流有明显的年代际变化, 并且 PNA 型 (太平洋北美型) 遥相关也存在着年代际变化。近來有学者指出北大西洋涛动 (NAO) 也有明显的年代际变化, 从 20 世纪 70 年代末之后 NAO (北大西洋涛动) 强度增强^[7]。这种跃变不仅发生在大气, 同时也在海洋中发生, Chao 等^[8]分析了 20 世纪近 100 年海表温度的变化, 指出 70 年代末热带太平洋发生了最强的一次年代际增暖事件。这种年代际 ENSO 循环也许可以使得 El Niño 事件产生机理有很大的不同^[9]。李崇银等^[10]最近也对气候年代际变化做了总结研究。

上述全球气候系统的年代际变化肯定会影响中国和东亚的气候变化, 并且上述研究只用了较短和较少的地面观测资料。因此, 有必要利用更详细和更长的降水和气温资料, 深入地讨论中国夏季气候的年代际变化。为此, 本文应用我国常用的 160 个台站 1951~2000 年夏季降水和气温的观测资料来分析中国气候的年代际变化特征, 并利用 NCEP/NCAR 海温、风场和水汽的再分析资料来分析热带太平洋海表温度的年代际变化及其对水汽输送的影响, 从而来探讨发生在东亚和中国的气候年代际变化的可能成因。

2 中国气候的年代际变化特征

2.1 降水的年代际变化

为了研究中国气候的年代际变化, 我们分析了 20 世纪 50~90 各年代夏季 (6~8 月) 中国降水距平百分率的分布 (图 1)。从图 1a 可以看到, 50 年代全国大部分地区降水偏多 (华北、黄河流域、江淮流域、华南、东北和西南地区夏季降水偏多), 只有西北和江南地区降水偏少; 图 1b 所示, 到了 60 年代, 我国西北地区降水仍偏少, 并且这个偏少地区由西向东伸展到华北地区的西部和东北的西部, 而江南地区从偏少变成偏多, 因此, 可以看到我国东部 60 年代降水距平分布有一个较大的变化; 到了 70 年代, 如图 1c 所示, 华北地区西部的干旱扩展到中部, 江淮流域的降水继续偏少, 而东北地区、长江中下游地区、华南北部和西南的降水由多变少, 但西北地区降水由少开始变多, 因此, 长江流域 70 年代由 50 年代的“丰水期”变成“枯水期”; 由图 1d 可见, 我国东部降水距平分布有一个大的变化, 江淮流域和长江中上游地区及东北北部降水由少变多, 而华南地区降水由多变少, 发生了干旱, 整个华北地区降水严重偏少, 发生了持续性干旱, 西北地区降水继续偏多; 图 1e 显示, 90 年代华北地区干旱继续发展并扩展到东北南部, 而江淮流域和长江中下游地区继续偏多, 经常发生洪涝灾害, 华南地区降水也明显增多, 西北地区降水继续偏多。

从上述降水距平的年代际变化可以看到下列特征: (1) 我国夏季降水的年代际变

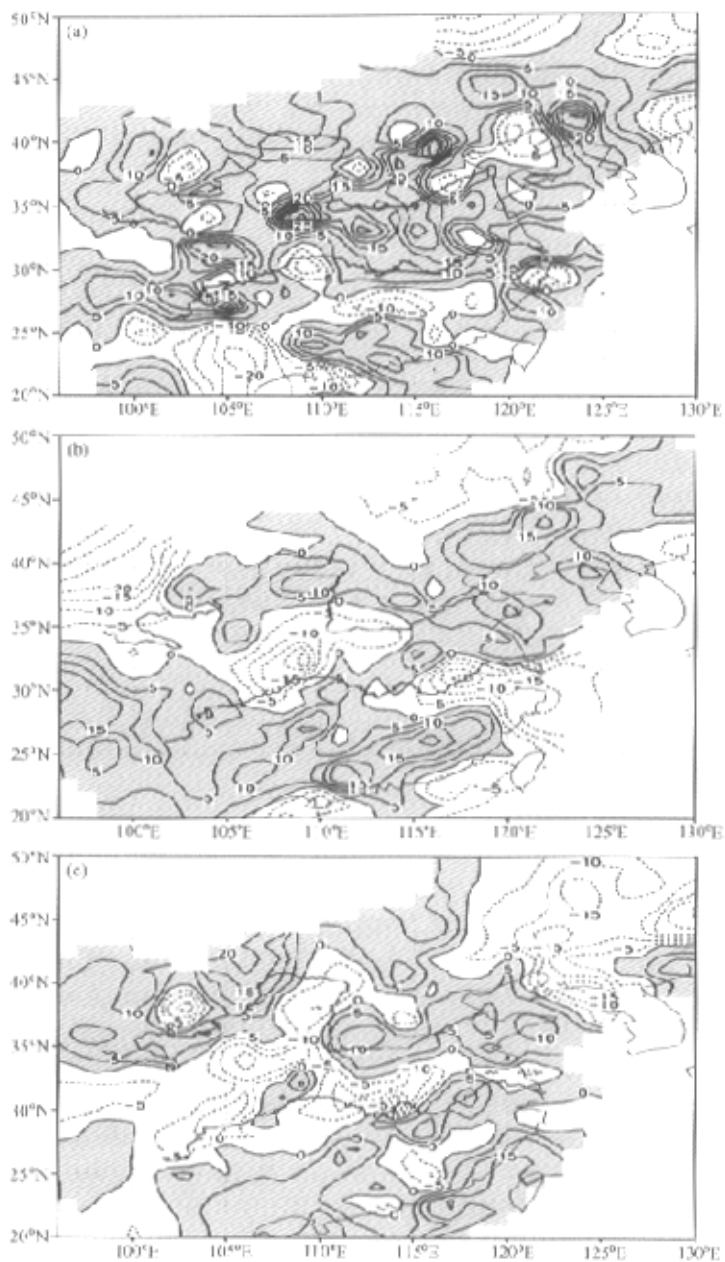


图1 我国20世纪各年代夏季(6~8月)降水距平百分率的分布(单位:%)

(a) 50年代; (b) 60年代; (c) 70年代; (d) 80年代; (e) 90年代

取1961~1990年各月降水的平均值作为气候平均值

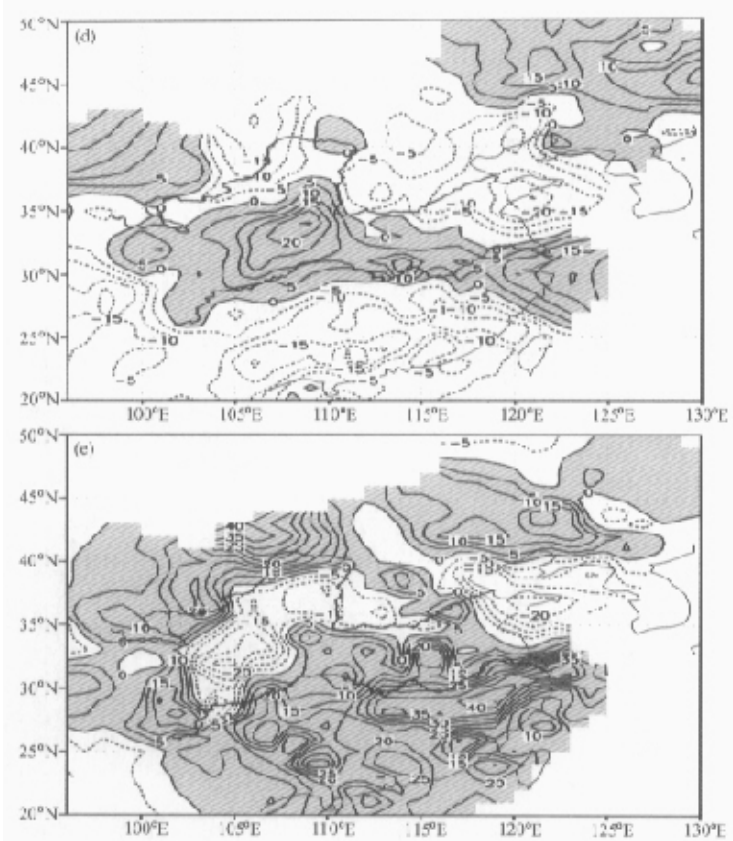


图 1 (续)

化是明显的；(2) 从 80 年代开始华北和黄河中下游地区降水明显减少，发生了持续性干旱，而长江和淮河流域降水从偏少变成偏多，洪涝灾害时常发生，这表明我国东部降水的年代际变化从南到北存在着与 EAP 遥相关型相类似的波列结构；(3) 西北地区从 70 年代到现在，降水有明显的增加，我国华北与西北地区的降水异常存在相反的趋势。

2.2 气温的年代际变化

图 2 是中国 20 世纪 50~90 各年代夏季气温距平的分布。从图 2a 可以看到，50 年代华北、内蒙古和华南地区气温偏低，而长江、淮河流域和西南地区气温偏高；图 2b 所示，60 年代我国华北北部、东北、西南和华南地区气温仍偏低，而西北以及淮河、长江流域气温偏高；到了 70 年代，如图 2c 所示，我国除了四川盆地和关中地区，其余大部分地区气温偏低；若把图 2d 与图 2c 相比，可以清楚看到，到了 80 年代，我国气温与 70 年代相比有一个很大的跃变，长江流域、淮河流域气温偏低，而华北、东北、西北和华南地区气温迅速升高，偏暖；正如图 2e 所示，这种增暖一直延续到 90 年代，

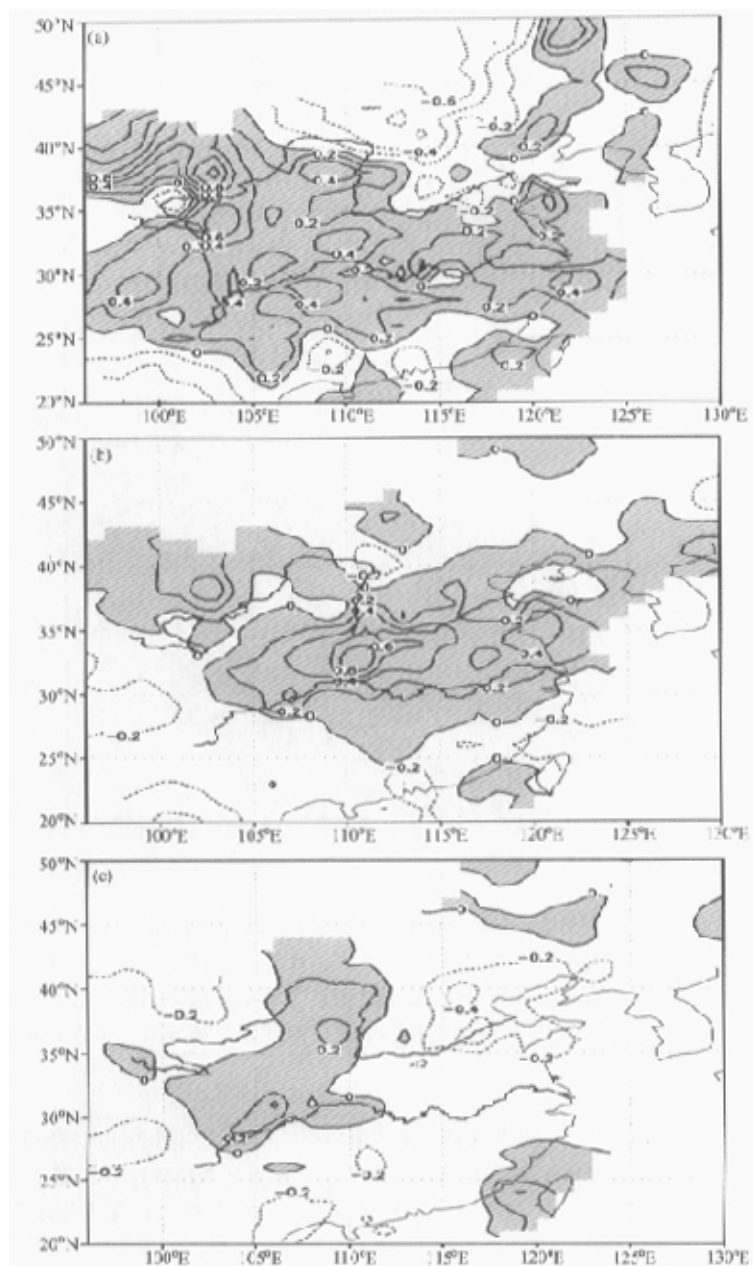


图2 我国20世纪各年代夏季(6~8月)气温距平的分布(单位:℃)
 (a) 50年代; (b) 60年代; (c) 70年代; (d) 80年代; (e) 90年代
 取1961~1990年各月气温的平均值作为气候平均值

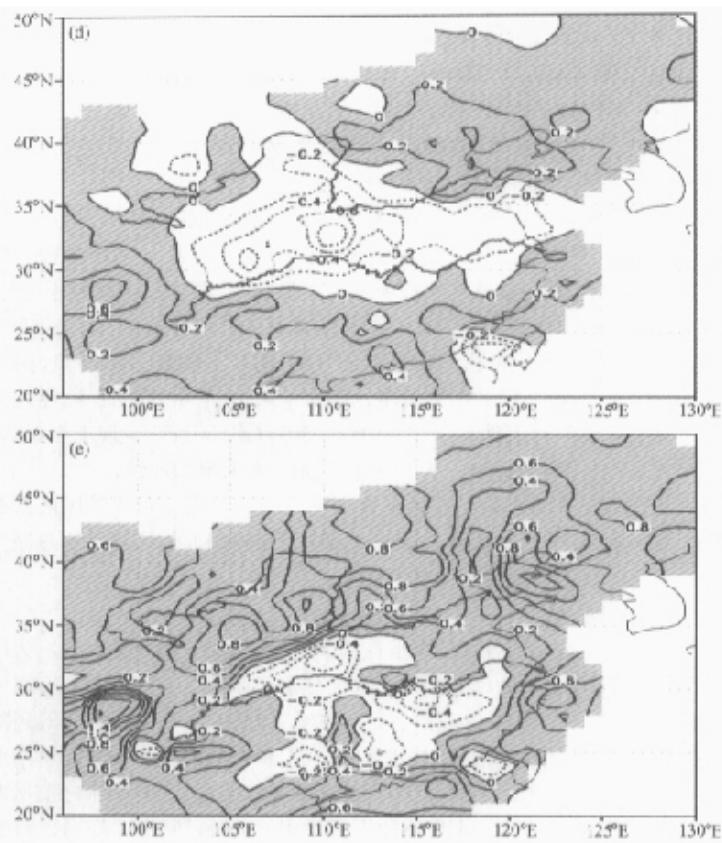


图 2 (续)

而长江流域气温偏低，也一直延续到 90 年代。

从上述气温距平的年代际变化可以看到下列特征：（1）我国气温也存在着年代际变化，但不如降水年代际变化明显。（2）从 80 年代开始，我国北方（包括华北、东北、西北）和华南气温明显升高、偏暖；而长江流域气温明显降低、偏冷。（3）从气温与降水年代际时间尺度的变化看，我国季风区（包括华东、华南、东北和西南）一般是降水偏多，气温偏低；降水偏少，气温偏高；但西北地区则是气温升高，降水增多。这与施雅风等^[11]从水文观测资料所得结论一致。

3 中国各区域夏季降水的年代际变化特征

3.1 中国东部各区域夏季降水的年代际变化特征

正如上节所述，我国东部由于地处东亚强季风区，气候变化从降水方面反映尤其明显，为了更深入分析我国气候跃变情况，本节将深入分析我国东部各区域（主要是

华北、江淮流域和长江中下游地区以及华南地区)夏季6~8月区域平均降水距平百分率的年际变化情况。从图3可以看到我国东部各区域夏季降水的年代际变化特征如下:

(1) 华北地区(图3a):20世纪50年代降水偏多,从1965年以后降水明显减少,干旱的趋势在70年代初有所缓和;从1977年开始,此区域降水明显减少,并一直延续到90年代,80~90年代区域平均的降水比50年代约减少了30%左右,发生了持续干旱。这种持续干旱到21世纪初一直还在延续。

(2) 长江中下游地区(图3b):20世纪50年代降水偏多,从50年代末到60年中期降水明显减少,70年代此区域降水仍明显偏少,70年代是长江干流的“枯水期”。然而,从1977年开始,此区域降水明显增多,直到90年代此区域降水还是明显偏多,使得长江流域经常出现洪涝灾害,因此,80~90年代是长江干流的“丰水期”。

(3) 华南地区(图3c):20世纪50~60年代中期降水偏多,从1965年到60年代末降水开始减少,但比起气候平均值偏多。然而,从1977年开始到80年代此区域的降水减少趋势明显,比气候值偏少,比50年代减少了约20%,呈现干旱趋势。不过,华南地区干旱在90年代有所缓和,从90年代开始已有明显的回升。

从上述我国东部夏季降水距平的年际变化可以看到,我国东部季风区夏季风降水在1976年前后的确存在着一个跃变。这个气候跃变使得华北地区降水明显减少,出现持续干旱,而长江、淮河流域降水增多,时常出现洪涝。

3.2 中国气候的跃变

从图3可以看到中国东部各区域降水在1976年前后的一次明显跃变。为了更好的显示我国降水在1976年前后的气候跃变,我们分析了1977~2000年与1967~1976年降水距平的差(图4),从图4可以看到:从1977年起到2000年,华北地区降水明显比1976年之前减少,并比气候值偏少很多,出现了长时期的持续干旱;华南地区降水相比1976年之前也有一定减少;而长江流域夏季降水明显比1976年之前增多,并比气候值偏多;西北地区从1977年起降水也明显增多。此外,从图4还可以看到我国夏季降水的年代际变化从南到北呈现出一个与EAP(东亚/太平洋型)遥相关型相似的波列分布。

3.3 中国华北与西北地区降水年代际变化的关系

第2节中已阐述,在20世纪60年代干旱从中国的西北东传到华北地区的西部,70年代华北地区西部的干旱又东传到中部,到了80年代干旱扩展为整个华北地区。然而,从70年代起,西北地区的降水由偏少开始增加,特别是从80年代迄今,西北地区降水明显增加,并比气候平均值偏多。图5是西北地区1951~2000年夏季6~8月降水距平的年际变化,图中粗实线与虚线分别是8次拟合而成的西北与华北降水距平变化趋势。从图5可以清楚看到,我国华北地区夏季降水与西北地区的夏季降水距平在年代际时间尺度上存在着相反的关系。60年代,华北地区降水偏多,西北地区降水偏少;从70年代起,华北地区降水开始变少,而西北地区降水开始增加,有不少年份降水偏多;从80年代迄今,华北地区降水一直偏少,发生持续严重干旱,而西北地区降水偏多,大约比气候平均值偏多了20%~30%。并且,从图5的粗实线与虚线还可以看到西北降水距平的振荡位相要超前于华北地区降水距平5~8年。

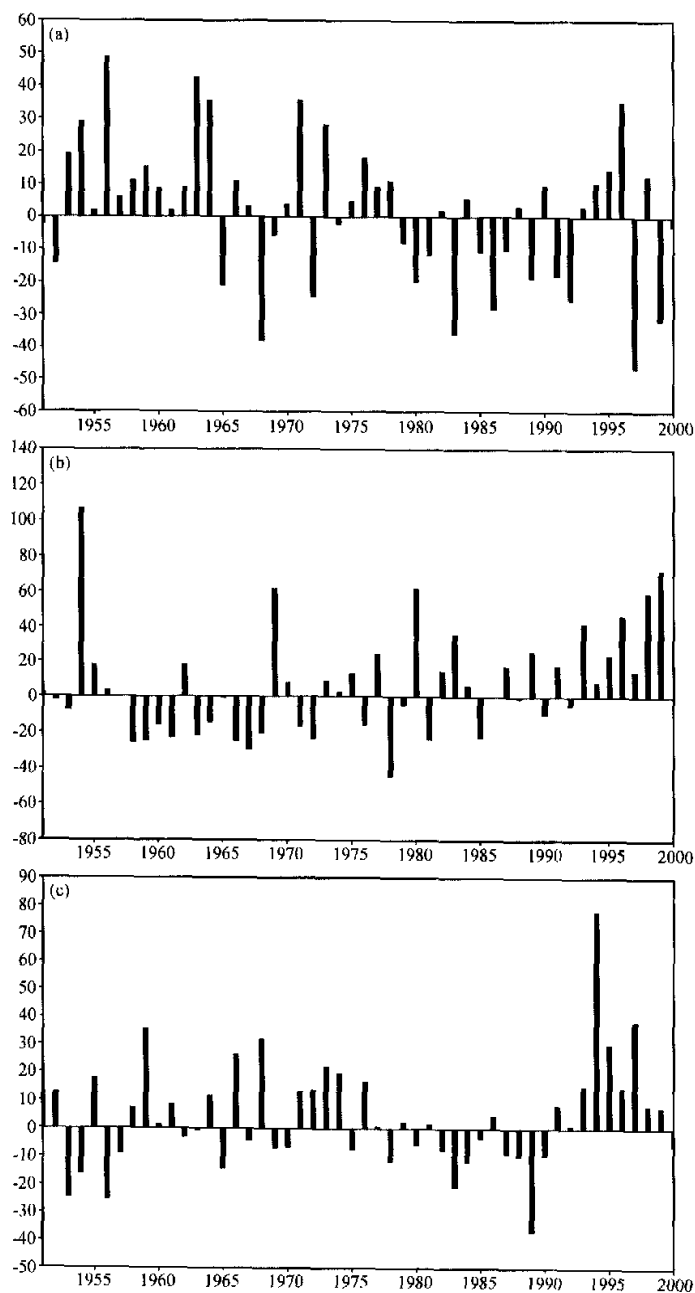


图3 我国东部各区域夏季6~8月降水距平百分率的年际变化(单位:%)

(a) 华北地区; (b) 长江中下游地区; (c) 华南地区

取1961~1990年30年各月平均值作为气候值

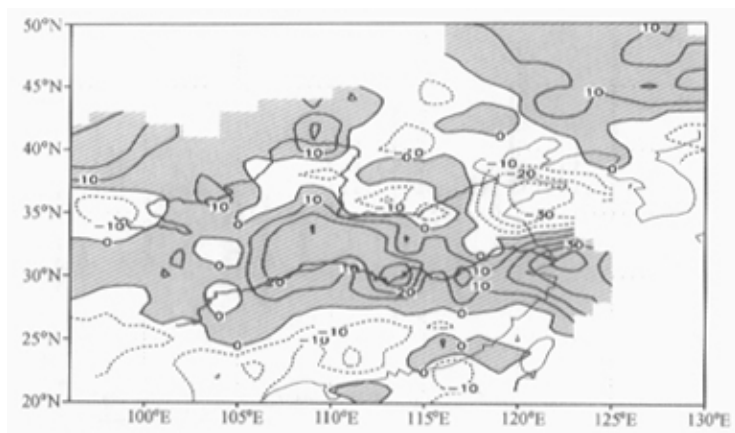


图 4 1977~2000 年期间与 1967~1976 年期间平均的中国夏季降水距平百分率之差 (单位: %)

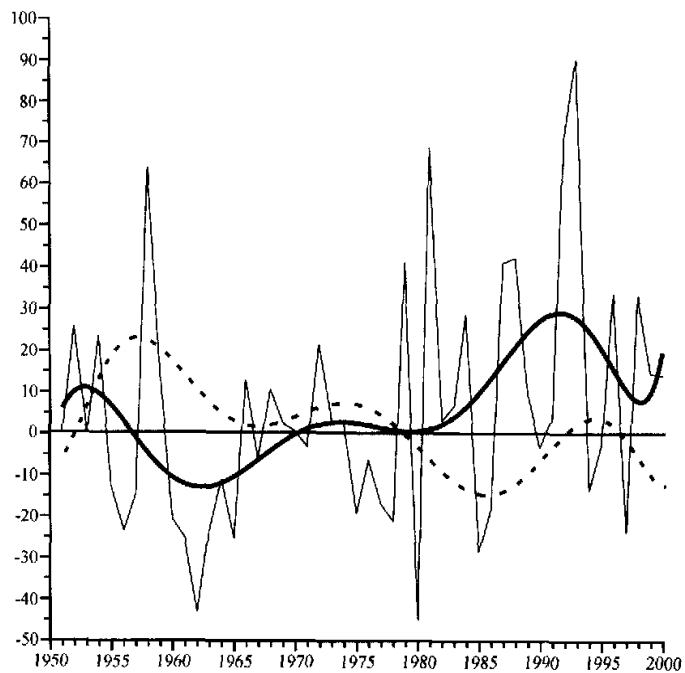


图 5 我国西北地区夏季 6~8 月降水距平百分率的年际变化 (细实线) 与趋势 (粗实线)
取 1961~1990 年 30 年各月平均值作为气候值, 虚线为华北趋势, 单位: %

4 热带太平洋 SST 的年代际变化及其对中国气候变化的影响

上面两节已分析了中国夏季降水和气温的年代际变化特征, 这些气候的年代际变化为什么会发生? 这是值得深入讨论的问题。这可能是由于全球气候系统变化所引起, 特别是与东亚气候系统变化密切相关^[12]。由于东亚气候系统包括了许多子系统, 本研究不可能一一分析和阐述, 本文只分析热带太平洋热力状况的年代际变化及其对中国气候年代际变化的影响。

图 6 分别是 20 世纪 50~90 各年代冬季 (12~2 月) 太平洋 SST 距平的分布, 从图 6 可以明显看到热带太平洋 SST 存在着明显的年代际变化, 特别是赤道中东太平洋 SST 距平的年代际变化尤其明显。20 世纪的 50 年代, 南、北热带中东太平洋的海表温度偏高 (图 6a); 到了 60 年代, 赤道中、东太平洋海表温度为正常并略有偏高 (图 6b); 而到 70 年代, 如图 6c 所示, 热带东太平洋的 SST 明显偏低, 比正常的 SST 偏低约 0.4°C , 但在 80~90 年代, 如图 6d~e 所示, 南、北热带东太平洋 SST 明显升高, 比正常的 SST 偏高了约 0.6°C 。因此, 图 6 清楚显示出在热带中东太平洋 SST 的变化呈现出明显的“年代际 ENSO 循环现象”, 即在 70 年代热带中东太平洋发生了“年代际的 La Niña 现象”, 而在 80~90 年代热带中东太平洋发生了“年代际的 El Niño 现象”。

黄荣辉等^[4]分析了热带太平洋各海区冬季 (12~2 月)、夏季 (6~8 月) SST 距平的年际变化后指出, 热带中、东太平洋 SST 也在 1976 年前后发生过一次跃变, 由冷海水变成暖海水状态。为了更深入研究 20 世纪 70 年代末开始到 90 年代热带中、东太平洋所发生的“年代际 El Niño 现象”, 我们分析了 1977~2000 年与 1967~1976 年期间平均的冬、夏季太平洋 SST 距平之差 (图 7)。如图 7 所示, 无论是冬季或是夏季, 在热带中东太平洋明显出现了一个“类似 El Niño 型” SST 距平的分布。这可以清楚地说明, 一个“年代际的 El Niño 现象”从 1977 年起迄今出现在热带中、东太平洋上。

上述热带中、东太平洋从 1976 年之后所发生的“年代际 El Niño 现象”会影响全球的气候变化, 也会影响东亚和我国气候的年代际变化。Huang 和 Wu^[13]指出: 在 El Niño 事件处于发展阶段, 该年夏季我国江淮流域、长江中下游地区降水偏多, 而黄河流域, 特别是河套地区和华北地区以及华南地区降水偏少, 往往发生干旱。黄荣辉等^[4]利用更新的资料计算了 1951~2000 年我国夏季降水与赤道东太平洋 (Niño3 区) 的夏季与上年秋季的 SST 距平之差的相关, 计算结果也与文献 [13] 相似。因此, 可以利用这个研究结果来说明上述热带中东太平洋的 ENSO 循环对我国夏季降水异常的影响。这就是说, 在 70 年代热带中东太平洋发生的“年代际 La Niña 现象”使得我国江淮流域、长江中上游地区降水偏少, 发生干旱, 而黄河流域的河套地区和华北地区降水偏多; 相反, 从 1977 年起到 80~90 年代热带中东太平洋所发生“年代际 El Niño 现象”使得我国从 70 年末迄今, 江淮流域、长江中下游地区降水偏多, 而华北地区降水偏少。这说明热带中东太平洋所发生的“年代际 ENSO 循环现象”对于我国夏季气候年代际变化起了相当重要的作用。

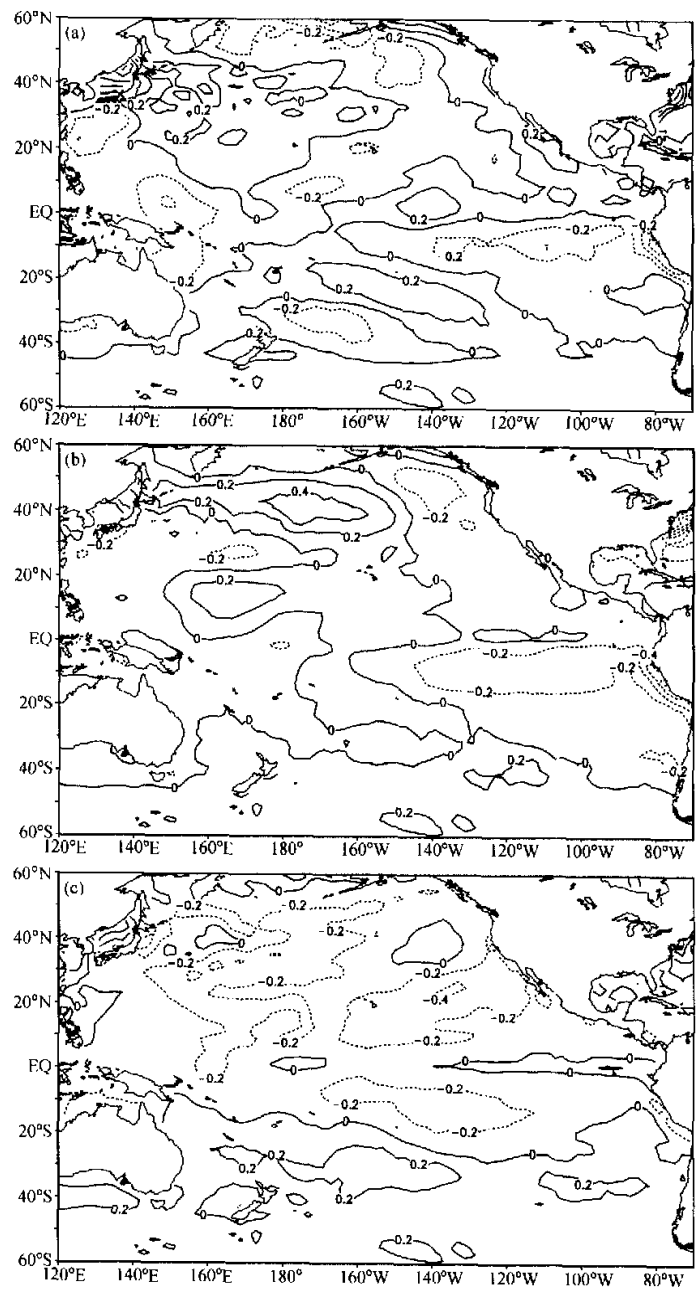


图6 太平洋20世纪各年代冬季(12~2月) SST距平的分布(单位:°C)
(a) 50年代; (b) 60年代; (c) 70年代; (d) 80年代; (e) 90年代
取1961~1990年30年各月平均值作为气候值, 阴影部分表示SSTA大于0.5°C的值

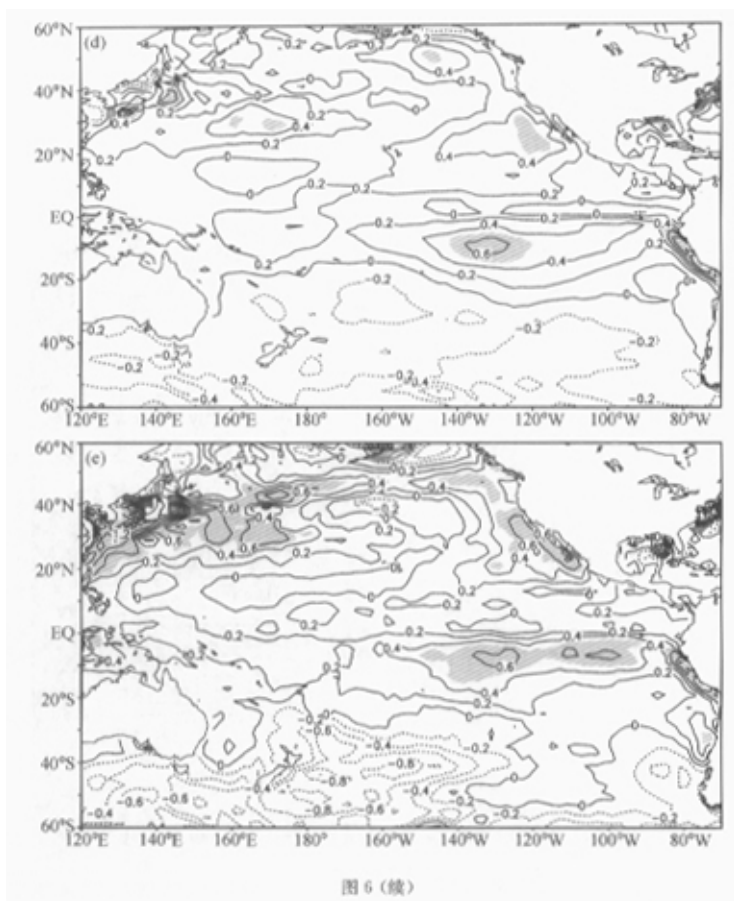


图 6 (续)

5 热带中、东太平洋“年代际 ENSO 循环”对亚洲季风水汽输送的影响

最近, Zhang 和 Sumi^[4]的研究表明, 发生在热带中、东太平洋的 El Niño 事件对于亚洲季风水汽输送有很大的影响。ENSO 循环正是通过亚洲季风水汽输送而影响到东亚的降水异常。那么, 在年代际时间尺度上, 热带太平洋的“ENSO 循环”是否可以通过亚洲季风水汽输送, 从而影响东亚和中国东部降水的年代际变化, 这是值得研究的问题。为此, 若假设 100 hPa 高度上没有水汽, 我们应用如下公式来计算水汽输送通量 Q :

$$Q = \frac{1}{g} \int_{100}^{p_0} \mathbf{v} q dp, \quad (1)$$

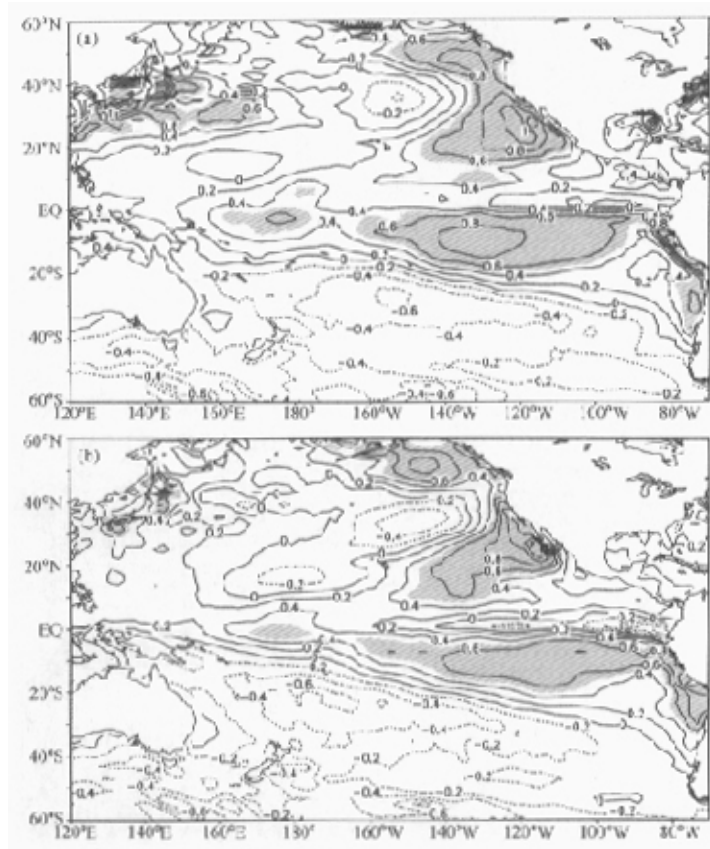


图7 1977~2000年与1967~1976年期间平均的 (a) 冬季(12~2月)、(b) 夏季(6~8月)
太平洋 SST 距平之差 (单位: °C)

取 1961~1990 年 30 年各月平均值作为气候值, 阴影部分表示 SSTA 大于 0.5 °C 的值

式中, $Q = (Q_\lambda, Q_\varphi)$, Q_λ 与 Q_φ 分别是纬向与经向水汽输送通量; V 表示风场的矢量, q 是单位气柱各层大气的比湿; p_0 是海平面气压, 为简单起见, 取 $p_0 = 1\,000\text{ hPa}$ 。

$$Q_\lambda = \frac{1}{g} \int_{100}^{p_0} uq dp, \quad (2)$$

$$Q_\varphi = \frac{1}{g} \int_{100}^{p_0} vq dp, \quad (3)$$

式中 u 和 v 分别为东西风和南北风分量。利用 (2) 和 (3) 式, 并利用 NCEP/NCAR 再分析资料集的比湿和风场资料, 计算 1951~1999 年亚澳季风区与太平洋地区各年 6~8 月的纬向与经向水汽输送通量, 选取 1961~1990 年的平均值作为气候值, 从而得到 20 世纪 50~90 各年代的水汽输送通量距平分布 (图略); 并且利用各年的计算结果分别分析了 1967~1976 年期间和 1977~1999 年期间平均的亚澳季风区与太平洋地区

的水汽输送通量距平分布。

图 8a 和 8b 分别是 1967~1976 年和 1977~1999 年期间平均的亚澳季风区与太平洋地区夏季 6~8 月水汽输送通量距平场的分布。从图 8a 可以看到, 60 年代末到 70 年代中期, 热带西太平洋上空的水汽输送通量是由东指向西, 另一支水汽输送通量距平从孟加拉湾指向中印半岛; 并且, 这两支水汽输送通量距平在中印半岛和南海上空汇合后, 在我国华中上空又从南指向北。这说明在 60 年代末到 70 年代中期, 大量强水汽由热带西太平洋通过季风气流从中印半岛和我国南海输送到我国华北一带; 并且, 强西南季风气流从孟加拉湾携带大量水汽越过云贵高原流向我国华北和东北地区。这样, 强的水汽输送到我国华北地区, 而造成华北地区夏季降水偏多。然而, 图 8b 与图 8a 相比, 两者情况正相反, 从 1977 年到 1999 年期间, 水汽输送通量距平场在东亚和中印半岛及我国南海上空是呈从北指向南分布, 在中印半岛和孟加拉湾具有从东北指向西南的分布。这说明从孟加拉湾越过云贵高原的西南季风气流偏弱, 使得从 1977~

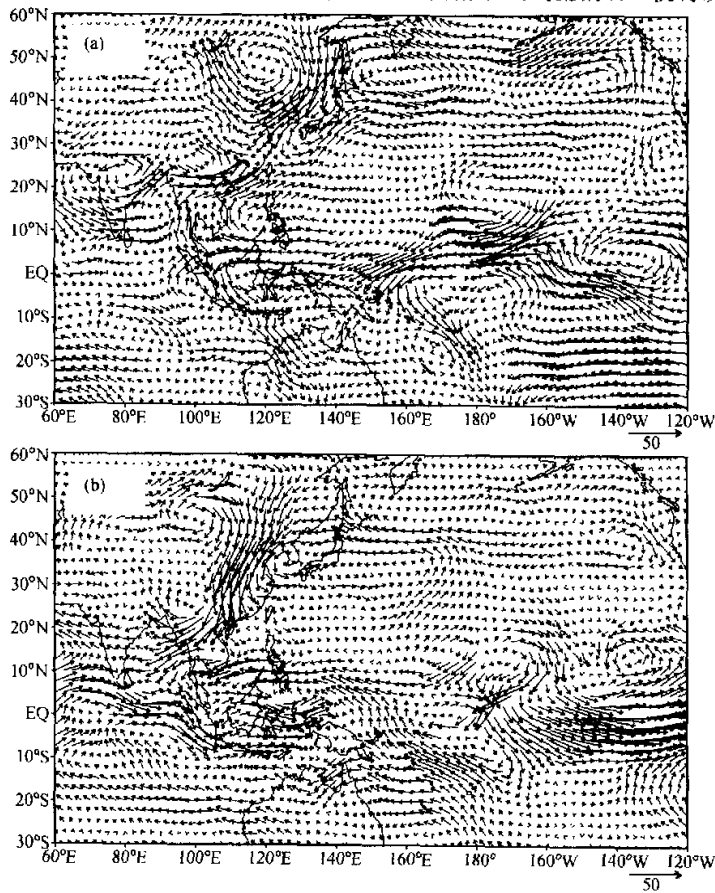


图 8 平均的亚澳季风区与太平洋地区夏季 6~8 月水汽输送通量距平场的分布 (单位: $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$)

(a) 1967~1976 年; (b) 1977~1999 年

1999年期间夏季热带西太平洋通过季风气流从中印半岛和我国南海输送到我国华北一带的水汽就偏弱,其大量水汽只输送到长江流域;而华北地区成为水汽输送的辐散区,因此,造成了华北地区从1977年起迄今,夏季降水偏少,发生持续性干旱。

6 结论和讨论

本研究利用我国1951~2000年夏季6~8月降水和气温观测资料进行分析,结果表明:我国无论降水和气温都有明显的年代际变化,但与气温相比,降水的年代际变化更明显;我国在1976年发生了一次明显的气候跃变,从1977年之后,长江流域夏季降水明显增多,从而时常发生洪涝,而华北地区夏季降水明显减少,产生持续性干旱,我国东部夏季降水的年代际变化从南到北呈现出明显的EAP型遥相关波列;我国西北地区从70年代起,降水明显增多,与华北地区的降水距平有相反的关系,并且,西北地区降水距平的振荡位相要超前于华北地区降水距平5~8年。

本文还利用NCEP/NCAR再分析资料分析了热带太平洋SST距平年代际变化特征及其对亚澳季风区与太平洋地区水汽输送的影响,指出热带西太平洋SST存在着明显的年代际变化。从1977年之后,热带中东太平洋明显增暖,出现了明显的“类似El Niño型”的SST距平分布,与70年代相比,发生了一个“年代际El Niño现象”。1977年这个在热带中、东太平洋所发生的“年代际El Niño现象”使得热带西太平洋的信风减弱,输向热带西太平洋的水汽就偏弱,这样,致使从热带西太平洋通过季风气流经中印半岛和我国南海输送到我国华北、东北一带的水汽就偏弱,其大量水汽只输送到长江流域;并且,弱的西南季风气流从孟加拉湾越过云贵高原流向长江流域,这使得从热带西太平洋输送过来的水汽与从孟加拉湾沿西南季风气流输送来的水汽只能在长江流域辐合,而华北地区成为水汽输送的辐散区,因此,造成了华北地区从1977年起迄今夏季降水偏少,发生严重干旱。

本文着重讨论了我国夏季降水的年代际变化及其成因,对温度的年代际变化成因没有进行详细分析,并且只是从海洋方面分析了我国气候的年代际变化成因。由于季风是海陆之间热力对比所造成的,因此,我国西北和中亚干旱区的热力变化情况也很可能是我国气候年代际变化成因之一,这还有待于进一步分析研究。

参 考 文 献

- 1 Hansen, J., and S. Lebedeff, Global surface air temperature: Update through 1987, *Geophys. Res. Lett.*, 1998, **15**, 323~326.
- 2 Bradley, R. S., H. F. Diaz, P. D. Jones, P. M. Kelly et al., Secular fluctuations of temperature over the Northern Hemisphere land, *The Climate of China and Global Climate—Proceedings of the Beijing International Symposium on Climate*, Oct. 30~Nov. 3, 1984, Beijing, China, 75~87.
- 3 Chen Longxun, Shao Yongning, and Dong Min, Preliminary analysis of climatic variation during the last 39 year in China, *Adv. Atmos. Sci.*, 1991, **8**, 279~288.
- 4 黄荣辉、徐予红、周连章, 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势, *高原气象*, 1999, **18**, 465~475.
- 5 陈兴芳、宋文玲, 年代际气候变化与1998年长江大水, *气候与环境研究*, 1998, **4**, 358~368.

- 6 Nitta T., and S. Yamada, Recent warming of the tropical sea surface temperature and its relationship to the Northern Hemisphere circulation, *J. Meteor. Soc. Japan*, 1989, **67**, 375~383.
- 7 Van Loon, H., A modulation of the atmosphere annual cycle in the Southern Hemisphere, *Tellus*, 1994, **46A**, 325~338.
- 8 Chao, Y., M. Ghil, and J. C. McWilliams, Pacific interdecadal variability in this century's sea surface temperatures, *Geophys. Res. Lett.*, 2000, **27**, (15), 2261~2264.
- 9 Wang, B., Interdecadal changes in El Niño onset in the last four decades, *J. Climate*, 1995, **8**, 265~283.
- 10 李崇银、朱锦红、孙照渤, 年代际气候变化研究, 气候与环境研究, 2002, **7**, 209~220.
- 11 施雅风、沈永平、胡汝骥, 西北气候由暖干向暖湿转型影响和前景初步探讨, 冰川冻土, 2002, **24**, 219~226.
- 12 黄荣辉、周连童, 我国重大气候灾害特征、形成机理和预测理论研究, 自然灾害学报, 2002, **11**, 1~9.
- 13 Huang Ronghui, and Wu Yifang, The influence of ENSO on the summer climate Change in China and its mechanism, *Adv. Atmos. Sci.*, 1989, **6**, 21~30.
- 14 Zhang Renhe, and A. Sumi, Moisture circulation over East Asia during El Niño episode in northern winter, spring and autumn, *J. Meteor. Soc. Japan*, 2002, **80**, 213~227.

Research on the Characteristics of Interdecadal Variability of Summer Climate in China and Its Possible Cause

Zhou Liantong, and Huang Ronghui

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract The characteristics of interdecadal variability of summer (JJA) precipitation and air temperature and its possible cause are analyzed by using the observed summer precipitation and air temperature data for the recent 50 years from 1951 to 2000 and NCEP/NCAR's SST, wind and water vapor reanalysis data. The analyzed results of summer precipitation show that the interdecadal variability of climate in China is very obvious during the recent 50 years. The significant climate change in China occurred in 1976. From 1977 to 2000, the summer precipitation greatly increased in the Yangtze River valley, but the summer precipitation obviously decreased and the persistent droughts occurred in North China and the Yellow River basin. Moreover, the analyzed results of summer precipitation also show that evolution trend of summer precipitation anomalies in Northwest China is about 5~8 years earlier than that in North China. After 1977, the summer precipitation decreased and air temperature increased in North China on interdecadal time-scale, while both summer precipitation and air temperature are increased in Northwest China after the 1970s. In addition, the analyzed results also show that the interdecadal variability of air temperature is weaker than that of summer precipitation. In order to investigate cause of the interdecadal variability of climate in China, the monthly mean SST anomalies in the tropical Pacific and its impact on water vapor transport in the Indo-China Peninsula and East Asia are analyzed. The analyzed results show that the SST anomalies in tropical Pacific also appeared an obvious interdecadal variability, and the "decadal El Niño phenomenon" occurred in the central and eastern equatorial Pacific after 1976. The "decadal El Niño phenomenon" caused the East Asia monsoon flow became weak, therefore, a large amount of water vapor was transported from the Bay of Bengal, the South China Sea and the western tropical Pacific to the Yangtze River valley, but the water vapor transports due to Asian monsoon flow became weak in North China. This caused the remarkable decrease of summer precipitation and the per-

sistent droughts in North China and the increase of summer precipitation in the Yangtze River valley.

Key words: climate; precipitation; interdecadal variability; water vapor transport