

# 500年来中国东部雨带的南北摆动

董安祥

(甘肃省气象局, 兰州, 730020)

冯松

(中国科学院兰州高原大气物理研究所, 兰州, 730000)

张存杰

(兰州干旱气象研究所, 兰州, 730020)

## 摘要

研究表明,在世纪时间尺度上,1470年以来,在108 E以东、40 N以南的中国东部发生了7次多雨和7次少雨过程,它们都最先从中国北方开始,然后是江淮地区,华南地区出现最迟。中国温度高时,多雨区偏南,温度低时,多雨区偏北。中国多雨区自北向南的位相差异可能与Hadley环流的变化有关。气候的自然变化对近几十年来中国北方的干旱和近十几年来长江流域的多雨仍起着主要作用。

关键词: 东部雨带, 南北摆动。

## 1 引言

中国北方近几十年来呈明显的干旱化趋势<sup>[1,2]</sup>,给中国的环境和水资源带来了深远的影响<sup>[2]</sup>。北京和南京的旱涝变化有明显的80 a左右周期<sup>[3]</sup>,这种周期在中国东部也有反映<sup>[4]</sup>。近一千年来资料也表明,在中国北方一些地区的旱涝存在世纪周期<sup>[5]</sup>。因此文中先简要讨论近十几年来中国降水的变化特征,然后讨论中国东部80~100 a尺度雨带的长期变化,以期从更长的时间尺度来认识中国近十多年来旱涝变化的特征。

## 2 资料分析

### 2.1 近十几年来来的降水变化特征

图1为中国160站1981~1998年夏季降水距平百分率与1951~1980年夏季降水距平百分率的差值分布。从中可见,近十几年来长江流域和中国东北的降水偏多,长江流域的部分地区偏多两成以上。华北和江南南部降水偏少,华北地区降水偏少两成以上。这与近十几年来长江流域频繁发生洪涝和华北干旱明显加剧的现象相一致。将1998年夏季降水距平百分率图(图略)与图1相对比,可见1998年

夏季中国旱涝的分布形式与图1相当一致,表明年代际的旱涝变化对1998年长江和中国东北的大水起着一些作用。为了进一步说明这个问题,文中分析了长江中下游地区14站(南京、合肥、上海、杭州、安庆、屯溪、九江、武汉、钟祥、岳阳、宜昌、常德、南昌和长沙)平均夏季降水距平随时间的变化(图2),可见从1958年以来,长江中下游的降水有一明显的增加趋势,该线性趋势对1998年长江流域降水的贡献达90 mm以上。但以上的分析主要是基于近几十年的观测资料,其所反映的降水变率也是有限的。为获取世纪尺度旱涝变化的特征,求助于中国丰富的历史文献资料是可行的。

### 2.2 500年来中国东部多雨中心的变化特征

文中所用的资料为中国东部108 E以东40 N以南(含大同)共65站自1470年以来的旱涝等级资料。其中1470~1992年的旱涝等级来自文献[6,7],利用与文献[6]相同的方法,我们将旱涝等级资料续补到1997年。对于原序列中缺少的资料,则利用邻近站的资料进行了插补。对这65站的旱涝等级资料,我们按如下的方法转换成湿润指数:

$$I_H = \frac{2F}{(F + D)}$$

其中,  $F$  为某站 10 a 间偏涝(1, 2 级)的年数,  $D$  为偏旱(4, 5 级)的年数。 $I_H$  的变化在 0~ 2 之间,  $I_H > 1$ , 表示偏涝。利用上式, 我们可以得到自从 1470 年以来 53 个 10 a(20 世纪 90 年代为 1990~ 1997 年)的湿润指数。利用谱分析方法, 统一取落后时间长度为

200 a, 可求出 50~ 150 a 的周期占 500 多年来湿润指数序列的解释方差<sup>[8]</sup>(图 3), 可见中国东部绝大多数台站 50~ 150 a 周期的方差贡献都在 30% 以上, 这表明分析中国东部百年尺度的旱涝变化是有意义的。

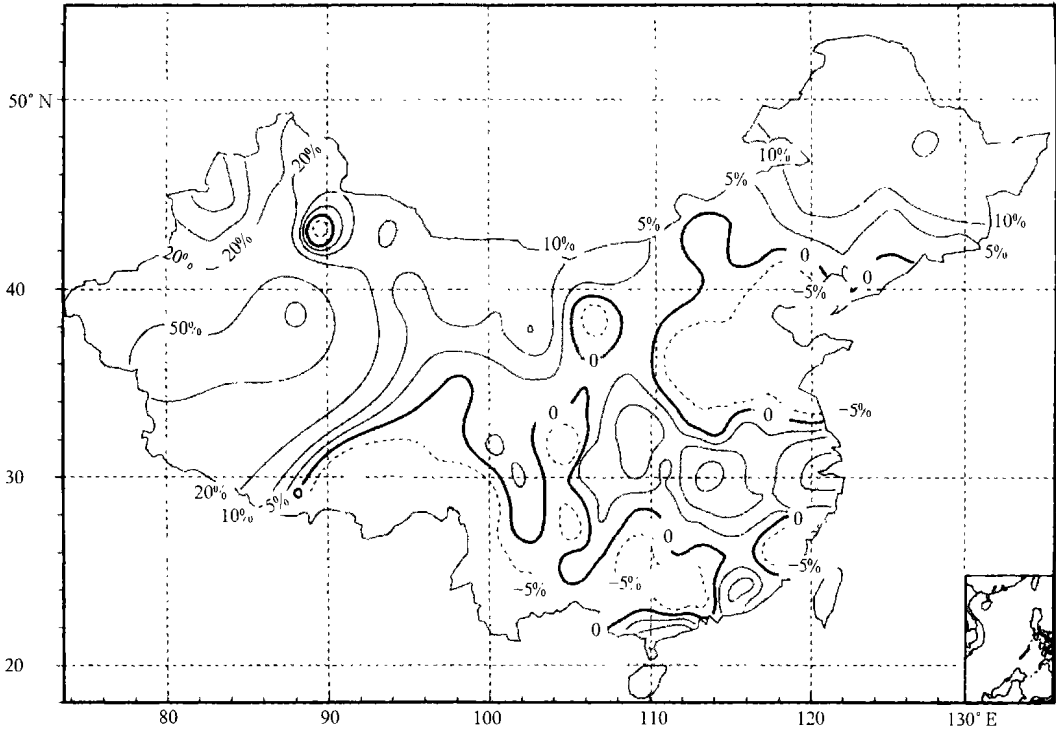


图 1 中国 1981~ 1998 年与 1951~ 1980 年平均的夏季降水距平百分率差值图

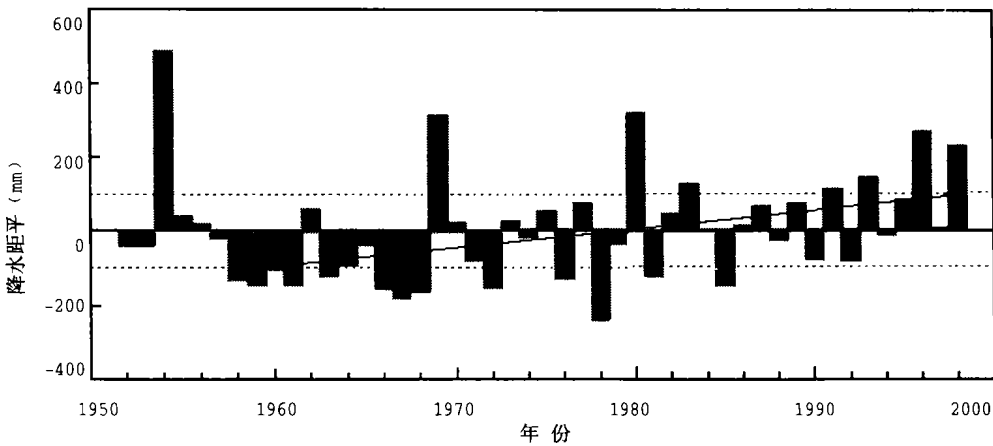


图 2 近 50 a 来长江中下游地区降水距平图

从 22.5 N 到 40 N 可将中国东部按 2.5 纬度分为 7 个纬带, 然后将每个纬带内所有台站的湿润指数相加求平均(其中 37.5~ 40 N 纬带包含有大同

站), 代表每个纬带的旱涝变化, 下面我们以这 7 个序列为基础进行分析。

为突出百年尺度的旱涝变化, 我们对每个纬带

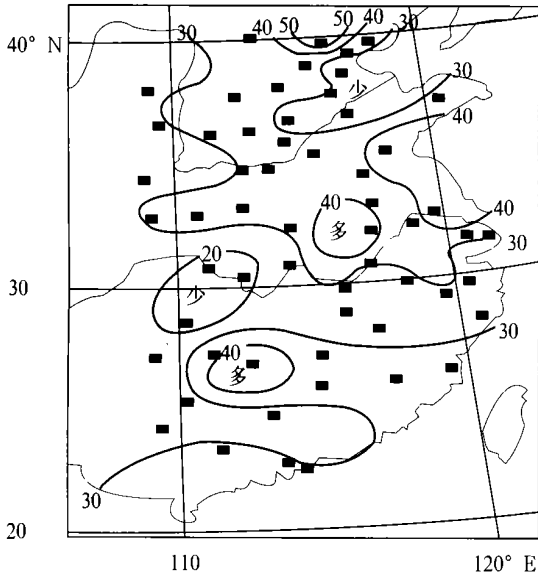


图3 500多年中国东部旱涝50~150 a周期所占的方差贡献(图中 为站点位置)

平均序列的两端用均值生成函数进行延长, 然后进行50~150 a的带通滤波。图4b为1470年以来经滤波后中国东部湿润状况的纬度时间剖面图, 深阴影表示涝区(雨带), 浅阴影表示干旱区。可见500 a来, 中国东部有7次多雨过程和7次少雨过程, 它们都最先从华北开始, 经过江淮地区, 然后向南传播到达华南。大约间隔80 a左右, 有一次多雨带或干旱区自北向南移动。在华北地区和黄河中下游、江淮

和华南地区多雨或少雨干旱平均维持30~40 a左右。例如, 在20世纪, 华北地区20~40年代为旱段, 江淮地区自50年代末到70年代为少雨段, 华南地区自80年代起出现少雨段。但是, 在1700~1800年此种关系稍差。上述分析与王绍武<sup>[4]</sup>的研究相一致, 但我们的结果更为具体和明确。林振山等<sup>[11]</sup>的子波分析结果表明, 在50 a时间尺度上, 华东的旱涝变化相对于华北而言, 位相落后大约20 a, 而华南比华东则又落后40~50 a, 与我们的结果接近。另外, 自50~70年代中期华北多雨, 自80年代以来, 中国的多雨中心已南移到31~27 N之间, 出现了1991年和1998年的大水。从中国旱涝的自然和长周期变化来看(见图4b), 中国北方自70年代后期以来的干旱可能还要持续一段时间, 但强度将减弱; 而华南的降水将可能增加。

### 3 讨论

70年代以来, 中国学者大多关注的是旱涝和冷暖的配置关系<sup>[10]</sup>, 图4a绘出了500多年来中国东部温度<sup>[11]</sup>的变化曲线(已进行了50~150 a的带通滤波), 中国东部的温度高时, 雨带在长江流域或以南, 雨带偏北的情况很少, 中国东部的温度低时, 这种情况则相反。由于太阳活动有80 a左右的世纪周期, 中国东部雨带的变化可能主要受太阳活动80 a世纪周期的制约<sup>[4]</sup>。王绍武<sup>[12]</sup>讨论了1890年以来中国东部10 a平均的降水最大正距平出现的

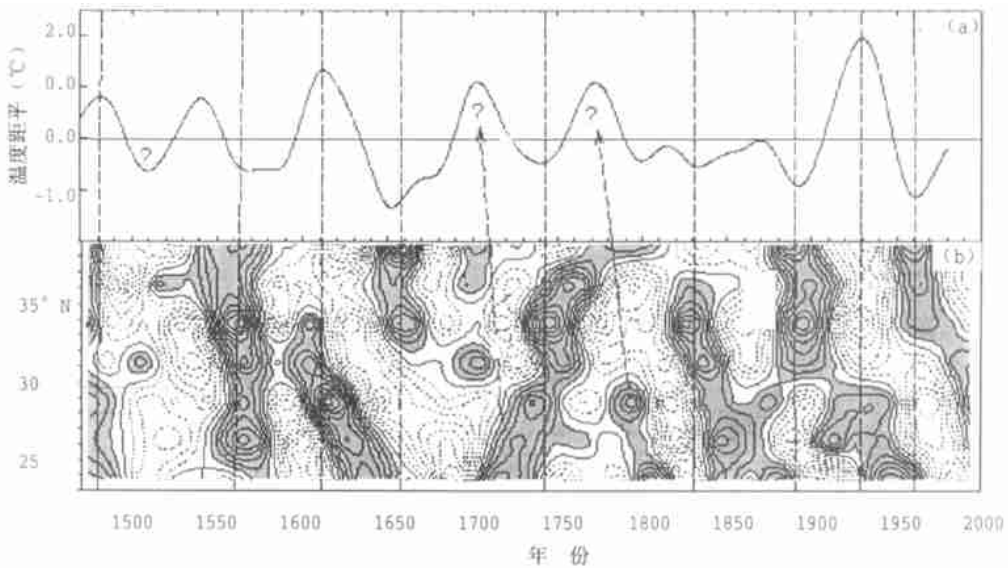


图4 500多年中国东部的温度(a)以及旱涝(b)时间-纬度剖面图<sup>[11]</sup>  
(已进行50~150 a的带通滤波)的变化

位置, 发现 20 世纪 10 年代及以前, 20 世纪 50~70 年代, 中国的温度偏低, 降水最大正距平中心的位置偏北; 20 世纪 20~40 年代, 和 80 年代以后, 中国的温度偏高, 降水最大正距平中心偏南, 与我们的结果相一致。郑斯中等<sup>[10]</sup> 讨论了中国东部近 500 多年来 16 个冷冬和 16 个暖冬所处年代中国旱涝的变化, 发现温度较冷时, 中国北方多雨, 南方少雨, 气候较暖时则相反, 与我们的结果相一致。另一方面, 资料分析和数值模拟均表明<sup>[13]</sup>, 近一万年来, 中国雨带也有明显的自北向南的迁移过程, 其中距今全球最为暖和的 6 ka, 中国主要雨带不在北方, 却在长江流域和江南地区, 也与中国近 500 多年来多雨区位置与冷暖变化的关系相一致。

中国东部降水变化与东亚夏季风的变化关系密切。从近百年来东亚夏季风强度的变化来看<sup>[14]</sup>, 1920 年以前, 东亚夏季风弱, 中国多雨区偏北, 1920~1940 年东亚夏季风最强, 中国多雨区偏南, 80 年代以来东亚夏季风有增强的趋势, 中国的多雨区又南移到长江流域。徐建军等<sup>[15]</sup> 对近 50 年东亚夏季风的强弱与中国降水的关系进行了合成分析, 从其研究结果来看, 就中国 110 E 以东、40 N 以南的地区来说, 当东亚夏季风强时, 主要是中国南方降水偏

多, 反之, 当东亚夏季风弱时, 主要是中国北方降水偏多。这与通常的概念几乎完全相反, 其中原因, 可能是中国的降水不仅仅与海陆温差有关, 也与高低空环流的配置有关。另外, 符淙斌<sup>[1]</sup> 指出, 中国 20 年代的突然变干可能与 Hadley 环流的变化有关。从 1930~1939 年纬向平均的年降水距平图<sup>[1]</sup> 可见 (图略), 在本世纪较为温暖的 30 年代, 北半球 25~50 N 纬带内的降水减少, 25 N 以南降水增多, 其最大少雨中心在 40 N。表明 Hadley 环流的下沉支在此明显加强, 这与中国 20~40 年代多雨区明显偏南 (30 N 以南) 和 80 年代以来中国多雨区南移是一致的, 也能解释 CO<sub>2</sub> 加倍后中国江南变湿、华北变干的数值模拟结果<sup>[2]</sup>。因此从图 4 的结果和上面的分析看来, 从年代际或更长时间尺度来说, 中国多雨区位置的变化可能主要受制于全球增温所导致的大尺度环流 (如 Hadley 环流) 变化的影响, 但这需要更多的证据和数值模拟的证实。

许多作者曾指出, 长江和黄河流域的旱涝有近似反位相的变化, 但这种反相关趋势很弱。从图 4 来看, 这种反相关关系似乎在 35~37.5 N 和 25~27.5 N 之间更为明显, 这与中国 500 多年来旱涝等级 EOF 展开的第二特征向量场是一致的<sup>[3]</sup>。

## 参考文献

- 1 Fu Congbin. An Aridity trend in China and its abrupt feature in association with the global warming. *Adv Atmos Sci*, 1993, 10(1): 11~20
- 2 Huang R H, Wang H J. Observational facts and simulation of the climate and environment changes in east Asia due to the global warming. In: Suzuki Y, et al eds. *Global Environmental Security*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996. 112~134
- 3 Wang Shaowu, Zhao Zongci. Droughts and floods in China, 1470~1979. In: Wigley T M L, Ingraham M J, Famer G, eds. *Climate and History*. Cambridge: Cambridge University Press, 1981. 171~288
- 4 王绍武. 地球气候对太阳活动周期的响应. 见: 章基嘉, 黄荣辉主编. 长期天气预报和日地关系研究. 北京: 海洋出版社, 1992. 43~52
- 5 Jiang J M, Zhang D, Fraedrich K. Historic climate variability of wetness in East China (960~1992): A wavelet analysis. *International J. Climatology*, 1997, 17(9): 969~981
- 6 中国气象科学研究院. 中国近五百年旱涝分布图集. 北京: 地图出版社, 1982. 332pp
- 7 张德二, 刘传志. 中国近五百年旱涝分布图集 续补(1980~1992). *气象*, 1993, 19(11): 41~45
- 8 严中伟. 历史旱涝振荡谱的演变. *科学通报*, 1994, 39(5): 431~434
- 9 林振山, 卞维林, 金龙等. 中国旱涝史料的层次分析. *气象学报*, 1999, 57(1): 112~120
- 10 郑斯中, 郑景云. 中国历史时期的气候及影响. 见: 丁一汇主编. 中国的气候变化与气候影响研究. 北京: 气象出版社, 1997. 166~169
- 11 王绍武, 王日升. 中国的小冰河期. *科学通报*, 1990, 35(10): 769~772
- 12 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究. *气象学报*, 1994, 52(3): 261~273
- 13 安芷生, Bothe S, 吴锡浩等. 中国中、东部全新世气候适宜期与东亚夏季风变迁. *科学通报*, 1993, 38(14): 1302~1305
- 14 施能, 杨永胜. 1873~1996 年东亚冬、夏季风强度指数及其主要特征. *南京气象学院学报*, 1998, 21(2): 208~214
- 15 徐建军, 朱乾根, 周铁汉. 东亚夏季风与中国夏季降水年际异常的分型研究. *南京气象学院学报*, 1998, 21(3): 313~320

# NORTH-SOUTH MIGRATION OF RAIN BELT OVER THE EASTERN CHINA IN THE PAST 500 YEARS

Dong Anxiang

*(Gansu Meteorological Bureau, Lanzhou 730020)*

Feng Song

*(Lanzhou Institute of Plateau Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)*

Zhang Cunjie

*(Lanzhou Arid Meteorological Institute, Lanzhou 730000)*

## Abstract

In this paper we find that there are 7 more pluvial and 7 less pluvial periods to the east of 108 E and the south of 40 N of China in centurial scale since 1470, which begins from North China, then moves to Yangtze and Huaihe River Basin and finally to South China. With increasing(decreasing) temperature, more pluvial regions are to the South(North) in China. Phase difference of more pluvial regions may be associated with Hadley cell from North to South. Natural climatical change still plays an important part in the droughts of North China in the past decades and the floods in Yangtze River Basin in the past decade or more.

**Key Words:** Eastern China, Rain belt, North-south migration.