

文章编号: 1000-2022(2002) 05-0664-07

我国旬降水量的时空分布特征

王小玲, 屠其璞

(南京气象学院 资源环境与城乡规划管理系, 江苏 南京 210044)

摘 要:用 EOF 方法分解我国近 44 a 的旬降水场, 得知: 我国旬降水的 6 种主要空间型出现的集中时段各不相同, 各型均以年际和年内的短周期变化为主, 且有各自的长期变化趋势。EOF 展开空间型的时间系数间存在显著的统计相关。

关键词: 旬降水; EOF; 集中时段
中图分类号: P466 **文献标识码:** A

我国属季风气候区, 在冬季风控制下, 我国大部分地区降水稀少; 在夏季风影响下, 受海洋性暖湿气团制约, 我国大部分地区, 尤其是东部地区, 降水丰沛。同时因为我国地域辽阔, 地形复杂, 所以降水的时空分布和年际变化都较大。我国降水的分布特征和旱涝规律引起不少气象学者的关注^[1-5]。而给国民经济建设和工农业生产带来直接影响的降水异常往往集中在短时期内, 例如长江中下游地区在梅雨期的降水量约占全年降水总量的 14 %~20 %^[6]。旬降水能够比月、季降水更精细地描述降水的气候特征, 更有利于讨论降水的异常, 对降水异常的预测和防灾减灾有重要意义。本文旨在研究我国旬降水量年变化特征的空间分布及其年际变化。

1 资料和方法

本文所用资料为我国 188 个测站 1955—1998 年近 44 a 的逐旬降水量序列。为了消除不同测站降水量绝对值大小对正交展开方差贡献的影响, 各旬降水量都用其与多年平均年降水总量的比值, 即旬降水量占年降水量的比例来表示, 其均值为 1/36。这一降水指标能较好地反映每一测站的旬降水量在降水量年变化背景上形成的相对多雨和相对少雨时段交替出现的特征。经验正交函数(EOF)展开的典型场是由气象要素场序列本身的特征来确定的, 它能够较好地反映出场的基本结构和特征, 容易将大量资料的信息浓缩集中。本文采用这一方法, 对我国的旬降水场进行分解, 讨论我国旬降水的年变化特征的空间分布和年际变化。

2 我国旬降水量的空间分布特征及其年变化

2.1 旬降水量的空间分布及其年变化特征

对我国 188 个台站的逐旬降水量序列进行 EOF 展开, 特征向量给出各站降水年变化特征

收稿日期: 2002-01-09; 改回日期: 2002-03-27
基金项目: “九五”攻关项目 96-908-01-01-1
第一作者简介: 王小玲(1976-), 女, 河南焦作人, 硕士研究生, 研究方向为气候变化。

的空间分布,如图 1a-f 所示。前 6 个特征向量的方差贡献达 48.7 %,接近总方差的一半,其中第 1 个特征向量的方差贡献最大,为 29.9 %,其余五个特征向量的方差贡献依次为 6.5 %、4.0 %、3.3 %、2.7 %、2.3 %,都达到了统计显著标准。

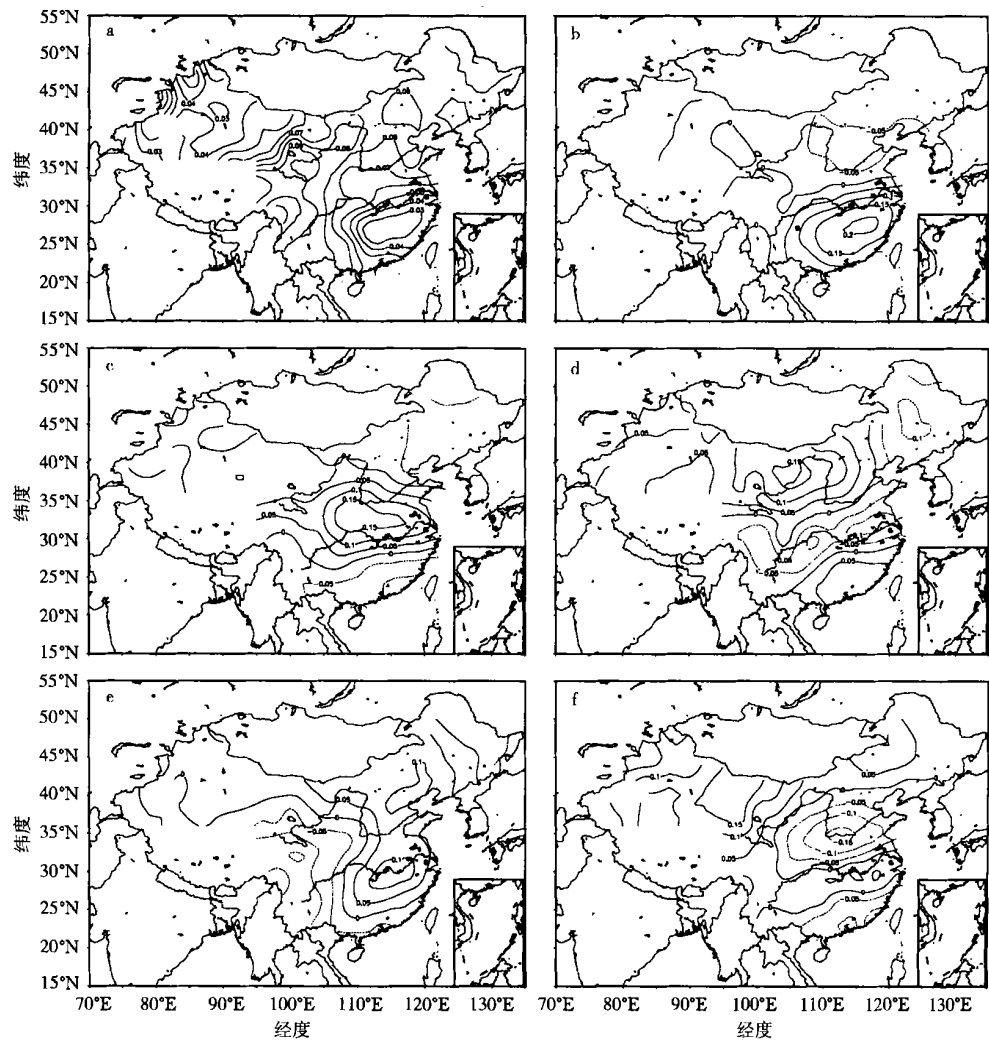


图 1 我国旬降水量 EOF 展开的前 6 个空间分布型(a-f 依次表示第 1 到第 6 个空间型)

Fig. 1 The spatial patterns of EOF1(a), EOF2(b), EOF3(c), EOF4(d), EOF5(e) and EOF6(f) of dekadal precipitation in China

各空间分布型时间系数的变化可以反映空间分布型出现的机会和强度随时间的变化特征。分析我国旬降水场 EOF 展开的前 6 个时间系数序列(图略),可以看出,第 1 到第 6 时间系数序列均有显著的年周期,这一特征表明各空间型出现的机会和强度都有明显的年周期变化特征。图 2a-f 给出前 6 个时间系数的多年平均年周期变化,时间系数的绝对值越大,则对应的空间分布型出现的机会和强度就越大。

如图 1a 所示, EOF 展开第 1 特征向量的方差贡献占总方差的 29.9 %,是我国旬降水的主要空间分布型,全国大范围地区的荷载均为正值;由图 2a 可以看出,第 1 时间系数的多年平均值从冬季到夏季,逐渐增大,从夏季到冬季,逐渐减小,冬季为负值,夏季为正值,最大值出现

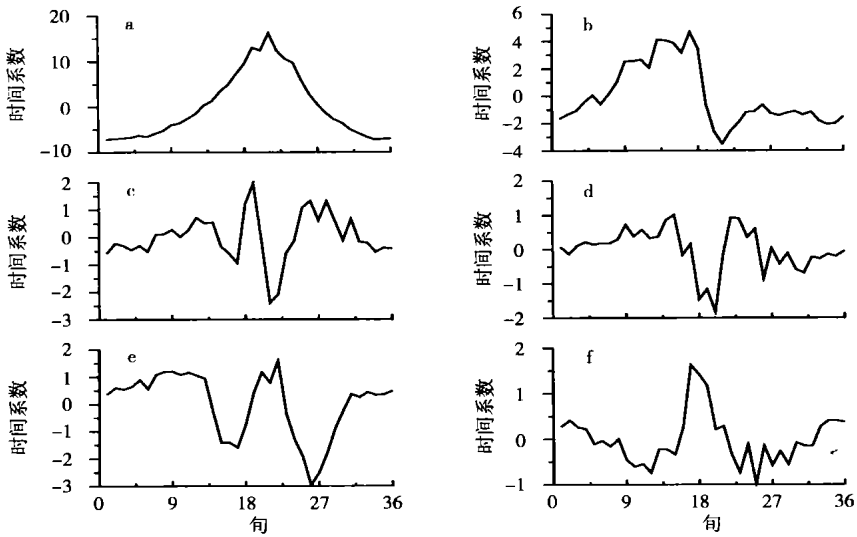


图 2 第 1 到第 6 个多年平均的旬时间系数(a-f 依次表示)

Fig. 2 The annual mean dekadal time coefficients averaged over 1955—1998

corresponding to EOF1(a), EOF2(b), EOF3(c), EOF4(d), EOF5(e) and EOF6(f)

在 7 月下旬,最小值出现在 12 月上旬。第 1 特征向量反映了冬夏季风交替造成的夏季湿润、冬季干旱的全国范围降水量年周期变化的共同特征。

第 2 特征向量荷载场(图 1b) 中长江以南地区为正荷载中心,黄河中下游地区为负荷载中心,反映了长江以南地区和黄河中下游地区降水量呈相反分布的空间特征;第 2 时间系数的多年平均值(图 2b) 在整个春季及初夏为相对较大的正值,此时第 2 空间分布型出现的机会和强度较大,7、8 月份的时间系数持续偏小,且取负值,表明该期间与图 1b 所示的第 2 空间分布型相反的空间分布特征出现的机会较大。第 2 特征向量及其时间系数的年变化特征表明,春季和初夏是我国长江以南地区在降水年周期变化背景上降水相对偏多的时期,同时黄河中下游地区却是在降水年变化背景上降水相对偏少的时期;而在 7、8 月份,黄河中下游地区成了降水年变化背景上旬降水偏多的月份,反映了黄河中下游地区降水冬夏季较差特别突出的气候特点。

第 3 特征向量荷载场(图 1c) 自南向北呈现“-、+、-”的空间分布形式,正荷载中心位于长江、黄河之间,反映了长江、黄河流域与华南沿海和东北地区降水量分布相反的空间特征;第 3 时间系数的多年平均值(图 2c) 有两个明显的峰值,6 月末到 7 月初的极大值和 7 月末到 8 月初的极小值,极大值期间第 3 空间分布型出现的机会和强度较大,与图 1c 所示的第 3 空间分布型相反的空间分布在极小值期间出现的机会和强度较大。

第 4 特征向量荷载场(图 1d) 沿长江流域有负荷载中心,东北地区也有一大小相当的负荷载中心,华南地区为正荷载区,华北和西北地区也为正荷载区,正荷载中心位于河套西部。这种东北—西南走向的荷载值带状分布反映了长江、淮河流域和东北地区与华北、西北和华南地区降水量分布相反的空间特征;第 4 时间系数的多年平均值(图 2d) 除了 6、7 月份有持续的较小负值之外,均在零值附近波动。

第 5 特征向量荷载场(图 1e) 在西北地区 and 整个中国东半部为正荷载区,正荷载中心位于长江中下游和华北平原北部,青藏高原东部和西南地区为负荷载区,反映了我国东、西部地区降水量呈相反分布的空间特征;第 5 时间系数的多年平均值(图 2e) 有两段持续较小负值的时

期, 为 5、6 月份和 8、9 月份。

第 6 特征向量荷载场(图 1f) 中黄淮地区和华北平原为负荷载区, 负荷载中心位于黄河中下游, 华南沿海也为负荷载区, 沿长江流域、西北地区和东北地区为正荷载区, 反映了华南沿海、黄淮平原与长江流域、西北地区和东北地区降水量分布相反的空间特征; 第 6 时间系数的多年平均值(图 2f) 在 6 月份有极大值, 表明第 6 空间分布型在 6 月份出现的机会和强度较大。

第 3、4、6 特征向量都反映了在年周期变化背景上我国东部地区多雨和少雨旬出现区域在南北方向呈交替出现的分布特征, 其时间系数峰值也都出现在夏半年各旬。

2.2 降水型集中出现的时段

根据多年平均时间系数值的大小, 定义各空间分布型出现机会和强度较大的时段, 为该空间分布型出现的集中时段。因为第 1 空间分布型和第 1 时间系数反映了我国旬降水年变化的基本特征, 这一特征始终贯穿于我国降水变化的全年, 因此, 这里不讨论第 1 空间分布型的集中时段。表 1 列出了第 2 空间分布型至第 6 空间分布型的集中时段。

表 1 空间分布型的集中时段

Table 1 Concentrative time intervals of each pattern					
	2 型	3 型	4 型	5 型	6 型
集中时段	第 8—18 旬、 第 20—25 旬	第 18—19 旬、 第 21—22 旬	第 18—20 旬	第 15—17 旬、 第 24—28 旬	第 17—19 旬

第 3、第 4 和第 6 空间分布型有比较接近的集中时段, 分别为第 18—19 旬、第 18—20 旬和第 17—19 旬, 这 3 种空间分布型均体现了梅雨降水的特征, 是 3 种具有不同空间和时间分布特征的梅雨降水。若出现第 3 空间分布型, 则 6 月下旬到 7 月上旬长江、黄河流域之间降水偏多, 雨带较常年平均位置偏北, 覆盖的范围更广, 梅雨持续时间较短; 若出现第 4 空间分布型, 则 6 月下旬到 7 月中旬雨带位于长江淮河流域, 与常年平均雨带位置较一致; 若出现第 6 空间分布型, 则 6 月中旬到 7 月上旬, 雨带位于长江流域, 雨带位置较常年平均位置偏南。

3 时间演变特征

3.1 各空间型的长期变化趋势

为了突出各空间型的长期变化特征, 将前 6 个时间系数进行 3 a(109 旬) 滑动平均, 滤掉短周期变化。图 3a-f 给出滑动平均后的时间系数序列, 滑动平均以后各时间系数的长期波动更加明显。

EOF 展开各空间分布型中, 正值区降水量的变化特征有与时间系数的变化特征一致的分量, 负值区降水量的变化特征有与时间系数的变化特征相反的分量。第 1 空间分布型反映了全国各地降水的基本特征, 由第 1 时间系数(图 3a) 的变化特征可知, 20 世纪 50 年代中期到 60 年代中期, 全国降水量普遍偏多, 60 年代中期至 70 年代初期全国降水量偏少, 70 年代前期全国降水量又偏多, 70 年代中期至 80 年代初期全国降水量偏少, 80 年代以后全国降水量持续偏多。第 2 时间系数(图 3b) 呈明显的波动上升趋势, 表明在过去的半个世纪中, 我国长江以南降水偏多、长江以北降水偏少的空间分布出现机会会有增加的趋势, 在此背景下, 60 年代末到 70 年代末、80 年代前期和 90 年代长江以南地区降水偏多, 与此相反, 黄河中下游地区降水偏少, 50 年代中期开始到 60 年代末、70 年代末到 80 年代初和 80 年代后期, 黄河中下游地区降水偏多, 此时长江以南地区降水偏少。由第 3 空间型出现机会和强度的变化(图 3c) 可知, 长江黄河

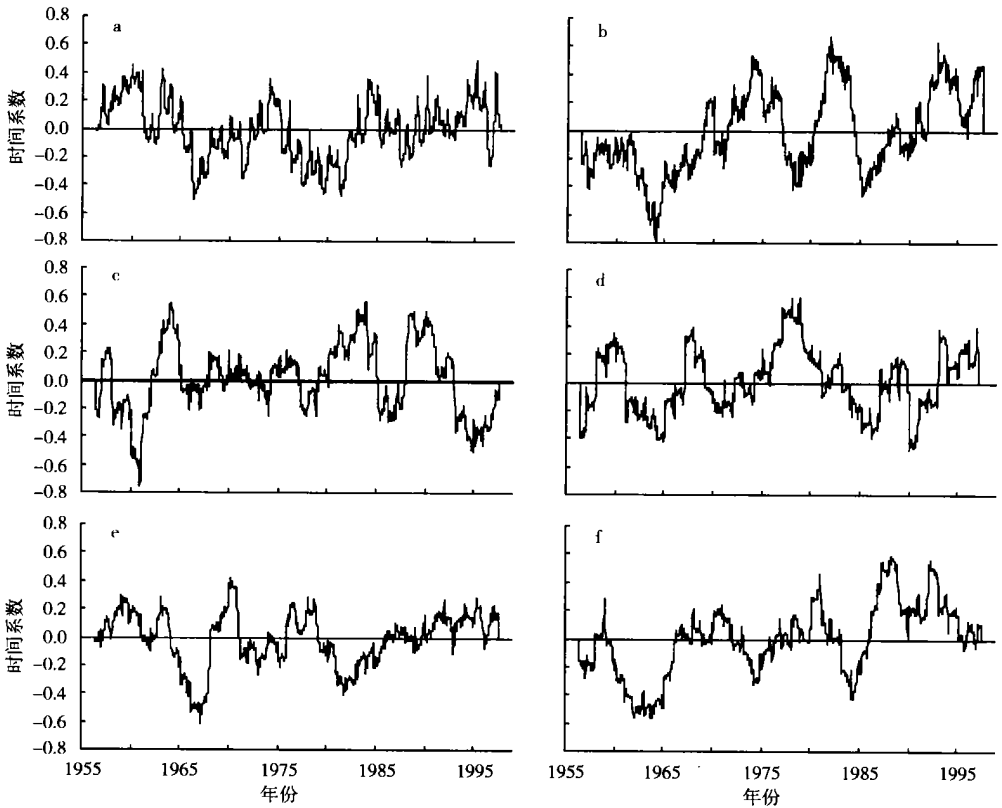


图 3 第 1 到第 6 个时间系数的 109 旬滑动平均序列(a-f 依次表示)

Fig. 3 The 109-dekad running mean time coefficients corresponding to EOF1(a), EOF2(b), EOF3(c), EOF4(d), EOF5(e) and EOF6(f)

流域在 60 年代到 80 年代中期和 80 年代末到 90 年代初期降水偏多, 此时华南和东北地区降水偏少, 华南沿海和东北地区在 50 年代中期到 60 年代初、80 年代中后期和 90 年代中后期降水偏多, 同期长江黄河流域降水偏少。第 4 时间系数(图 3d)大致呈现五个正负交替的时段, 50 年代末、60 年代后期、70 年代中期到 80 年代初、80 年代末和 90 年代中后期华北、西北和我国东南部降水偏多, 此时长江淮河流域和东北地区降水偏少, 60 年代初到 60 年代中期、70 年代前期、80 年代中期和 90 年代初期长江、淮河流域降水偏多, 与此相反, 华北、西北和华南地区降水偏少。由第 5 时间系数的变化(图 3e)可知, 我国东部地区在 50 年代中期到 60 年代中期、60 年代末到 70 年代初、70 年代后期和 80 年代后期以后降水偏多, 同期西部地区降水偏少, 60 年代中后期、70 年代前期和 70 年代末到 80 年代中期我国西部地区降水偏多, 此时, 东部地区降水偏少。第 6 时间系数(图 3f)在过去的半个世纪中也有明显的上升趋势, 表明长江流域降水偏多出现的机会和强度呈上升趋势, 长江流域梅雨降水在 60 年代中期到 70 年代初、70 年代中后期到 80 年代初和 80 年代中后期以后偏多, 同时期黄淮地区和华北平原及华南降水偏少, 黄淮地区和华北平原以及华南沿海在 50 年代中期到 60 年代中期、70 年代中期和 80 年代中期降水偏多, 此时长江流域降水偏少, 华北平原降水偏多的 3 个时段中, 除了第 1 时段(50 年代中期到 60 年代中期)较长, 时间系数的变化幅度较大外, 其余两个时段均很短, 且时间系数的变化幅度也很小。第 6 空间型出现机会和强度的变化应该是近半个世纪以来华北降水偏少趋势日趋严重的原因之一。

3.2 空间型的振荡周期

各空间型出现的机会和强度均有明显的年变化特征, 为了进一步了解各空间分布型变化的周期特点, 对时间系数序列进行功率谱分析, 提取显著周期。表 2 列出各时间系数达到 95 % 显著性水平的周期。

表 2 时间系数的显著周期
Table 2 Significant periods of each time coefficient

	1 型	2 型	3 型	4 型	5 型	6 型
周期/ 旬	32~40、18~19、 2~3	32~40、18~19、 12、3~4	18~19、 6~7、3	19~20、 12、2~4	32~40、 9~12、3	17~19、 12、3

由表 2 可以看出, 我国旬降水的各空间分布型有显著的年周期和半年周期, 年周期反映了我国旬降水的年变化特征, 半年周期则是我国春季和秋季降水有相似分布的体现。月振荡和准季节振荡在各空间分布型中也显著存在。功率谱分析的结果进一步表明, 我国旬降水量的各个空间分布型均以年以内的短周期变化为主要特征。由于本文所用资料序列较短(44 a), 因此我国降水的长周期特征不显著。

4 EOF 展开的时间系数间的关系

由于大范围天气过程变化的连续性, 一个旬的降水分布特征往往与其前期降水分布特征有明显相关, 前期降水的特征可以作为后期降水预报的参考因子。旬降水量 EOF 展开时间系数的变化反映了降水的变化特征。文中分别计算了各旬 6 个降水空间分布型的时间系数与其前 36 个旬各空间分布型时间系数的线性相关系数。其中通过 0.05 显著性检验的有 2 651 个, 通过 0.01 显著性检验的有 585 个。它们的样本相关系数达到 95 % 和 99 % 置信水平的个数期望值分别应为 $46\ 656 \times 0.05 = 2\ 333$ 和 $46\ 656 \times 0.01 = 467$ 。

根据统计学原理, 可以用 u 检验法^[7] 检验实际计算得到显著相关系数个数与总体线性无关假设下相应的数学期望值的差异。统计检验结果表明, 实际观测到的显著相关的时间系数个数与线性无关假设下显著相关个数的数学期望值的差异是统计显著的, 亦即可以拒绝旬降水量空间分布时间系数之间线性无关的假设, 也就是说, 旬间空间分布特征存在着一定的统计相关, 这种相关可以为大范围降水预报提供一定线索。当然统计检验所得到的显著相关因子中必然还有相当一部分总体上并不相关, 只有根据天气、气候变化的机理综合判断, 才能最大限度地得到一些有实际意义的预报信息。

5 结论和讨论

- (1) 近 44 a 来我国逐旬降水量年变化主要存在 6 种空间型: 全国大范围地区年变化一致; 长江以南地区和黄河中下游地区降水量分布相反; 长江、黄河流域和华南沿海降水量分布相反; 长江、淮河流域和东北地区与华北、西北和东南沿海降水量分布相反; 我国东西部地区降水量分布相反; 长江流域与黄河中下游和华南降水量分布相反。
- (2) 讨论了各空间型的年变化特征, 并从多年平均时间系数出发, 定义了各空间型出现的集中时段, 各空间型在对应的集中时段内, 出现的机会较多、强度较大。
- (3) 我国旬降水的各个空间型, 在近半个世纪以来有各自不同的长期变化趋势, 各空间型均以年际和年内短周期变化为主要振荡特征。

(4) 各空间型的时间系数间存在显著的相关关系, 可以作为中长期天气预报的参考因子。当然, 用时间系数来预报降水的趋势变化还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 魏凤英, 张先恭, 李晓东. 用 CE OF 分析近百年中国东部旱涝的分布及其年际变化特征[J]. 应用气象学报, 1995, 6(4): 454-460.
- [2] 叶笃正, 黄荣辉. 长江黄河流域旱涝规律和成因研究[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1996.
- [3] 屠其璞. 近百年来我国降水量的变化[J]. 南京气象学院学报, 1987, 10(2): 177-187.
- [4] Yatagai Akiyo, Yasunari Tetsuzo. Trends and decadal-scale fluctuations of surface air temperature and precipitation over China and Mongolia during the recent 40 year period(1951—1990)[J]. J Meteor Soc Japan, 1994, 72(6): 937-957.
- [5] 王晓春, 吴国雄. 利用空间均匀网格对中国夏季降水异常区域特性的初步分析[J]. 气象学报, 1996, 54(3): 324-332.
- [6] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法[M]. 北京: 气象出版社, 1992: 495-509.
- [7] 屠其璞, 王俊德, 丁裕国, 等. 气象应用概率统计学[M]. 北京: 气象出版社, 1984.

Spatial and Temporal Characteristics of Dekad Precipitation in China

WANG Xiao-ling, TU Qi-pu

(Department of Geography, NIM, Nanjing 210044, China)

Abstract: Based on dekad precipitation in the last 44 years, the method of EOF is employed to study the spatial and temporal features of rainfall in China. The results show that the first six spatial patterns describe some major features of dekad precipitation such as different concentrative time intervals of each pattern, characteristics of annual and inter-annual oscillation and long-term tendency of variation. The statistic correlations between time coefficients are significant.

Key words: dekad precipitation; EOF; concentrative time interval