第 25 卷第 4 期　南京气象学院学报　Vol. 25 No. 4
2002 年 8 月　Journal of Nanjing Institute of Meteorology　Aug. 2002

文章编号: 1000-2022(2002) 04-0518-07

我国旬降水年变化特征的区域分布

王小玲，　屠其璞
(南京气象学院 资源环境与城乡规划系, 江苏 南京　210044)

摘　要: 利用全国多年平均旬降水资料, 通过旋转 EOF 分解, 将全国各地旬降水的年变化特征划分为 6 大类别, 在地理分布上归属为 8 个区域。各区域的降水除了夏季多、冬季少的共同特征外, 还有其地域性特点。各区域特征时段降水量间的显著统计相关有一定的中期天气预报意义。各区域特征时段降水量和年降水量近 44 a 来有不同的趋势变化, 部分区域可用特征时段的降水变化特征表示年降水的变化特征。

关键词: 旋转 EOF; 典型旬降水量; 特征时段
中图分类号: P466　　文献标识码: A

降水是气候变化的一个重要指标。降水变化直接影响工农业生产和国民经济建设, 特别是由降水异常引起的旱涝灾害, 给人类带来了巨大的损失。因此, 降水的变化越来越引起国内外气象学者的重视[1-6]。陈菊英[7]依据我国江河流域将我国旱涝区主要划分为 14 个区。朱乾根等[8]用时空转换 EOF 方法, 根据我国季降水将全国划分为 6 大自然区域; 江志红等[9]根据年降水序列将全国降水量场划分成 10 大区域; 这些是根据(旋转)经验正交函数展开的空间荷载场对我国降水的划分。本文利用我国多年平均旬降水资料, 采用旋转经验正交函数(REOF)方法, 展开时与大多数 REOF 工作不同, 把时间和空间交换构成资料矩阵, 根据展开得到的特征向量和特征向量系数, 将具有相同旬降水年变化特征的测站归为一类, 并在地理分布上将连成一片的同一类测站归属为一全区域。接下来划分了各类降水的特征时段, 分析各特征时段降水量间的关系。本文还进一步讨论了各区域特征时段降水量和年降水量的趋势变化。

1　资料及计算方法

本文所用资料为我国 188 个气象站近 44 a(1955—1998 年)的平均旬降水序列。考虑到降水量有明显的地区差异, 各站旬降水量的年变化特征用旬降水量占全年降水总量的百分比来表示(以下均简称为旬降水量)。同时为了突出旬降水量序列短周期振动的地理差异, 还在各站旬降水量序列中减去了表征全国各地降水量年变化共同特征的 188 站平均旬降水量的第 1 谐波值。

为了进一步认识我国旬降水量年变化的气候特征, 本文对全国 188 个测站的多年平均旬

收稿日期: 2001-10-26; 改回日期: 2002-04-01
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, 硕士生, 研究方向为气候变化.

降水序列进行正交分解。方差极大正交旋转 EOF 方法[10-11]能将信息特征集中映射, 使变量只与一个主成分存在高相关, 本文在计算时也采用这一方法。展开时将各测站的旬降水量构成观测资料矩阵的样本, 不同测站同一旬的降水量构成资料矩阵的变量。这样所得到的特征向量反映了旬降水量随时间的变化, 特征向量系数则反映降水的空间分布特征[12]。

旋转经验正交函数个数的选取很关键, 如果取值过大, 则过分强调局部特征, 若取的太少, 则又很难反映局部特征。本文用经验正交函数的累积方差贡献来确定, 即取累积方差贡献达 85 % 为标准来确定旋转特征向量的个数[13]。

2 旬降水量的区域特征

对本文资料进行 EOF 展开, 前 6 个特征向量的累积方差贡献已达 86. 2 % , 因此, 取前 6 个特征向量进行旋转。旋转以后特征向量的方差贡献分配得更均匀, 这使得特征向量反映的气候特征更明显。特征向量反映了旬降水量随时间的变化, 特征向量系数反映降水的空间分布特征, 因此, 将旋转后的特征向量称为典型旬降水量序列, 特征向量系数称为典型旬降水量序列权重系数。

各个测站典型旬降水量序列权重系数的大小表示了对应典型旬降水量序列在该测站的重要性, 权重系数大, 则表示对应的典型旬降水量序列分布特征在该测站的降水量序列中所占比重大。由前 6 个典型旬降水量序列权重系数分布图(图略) 可以看出: 第 1 典型旬降水量序列权重系数的高值区主要分布在江南、华南一带; 第 2 典型旬降水量序列权重系数的高值区主要集中在青藏高原东部、西南地区和秦岭大巴山地区; 第 3 典型旬降水量序列权重系数的高值区主要集中在河套西部; 第 4 典型旬降水量序列权重系数的高值区则集中在华北平原; 第 5 典型旬降水量序列权重系数的高值区主要是位于长江中下游的负高值中心; 第 6 典型旬降水量序列权重系数的高值区主要位于云贵高原东部, 此外, 准噶尔盆地和塔里木盆地也存在一高值区。

以上述典型旬降水量序列权重系数的高值区为基础, 对我国各测站旬降水的年变化特征进行分类, 将具有相同典型旬降水量序列特征的测站归为一类, 同一类别的测站在地理分布上连成一片的归属为一个区域。首先将权重系数≥1. 0 且地理分布上连成一片的测站归为一类, 为了突出梅雨降水的特征, 第 5 典型旬降水量序列权重系数主要考虑权重系数≤- 1. 0 的长江中下游地区; 其余测站则根据权重系数大小来确定所属类别; 如还不能分类, 则考虑与第一步确定各类区域平均值的相关系数大小, 将其归入相关系数大的类别, 同时还要考虑同一类别在地理分布上要连成一片, 如果有相距甚远的不同地区以同种典型旬降水量序列为主要特征, 将它们归属为同一类的两个不同区域。得到图 1 所示的我国旬降水年变化特征的区域分布。

将我国各测站旬降水的年变化特征划分为 6 大类别, 在地理分布上体现为 8 个区域, 其中以第 2 典型旬降水量序列和第 6 典型旬降水量序列为主要特征的区域分别包含两个地理分布上不连续的区域: 区域Ⅰ, 江南、华南一带; 区域Ⅱa, 青藏高原东部、四川盆地、云贵高原西部和秦岭大巴山地区; 区域Ⅱb, 海南省; 区域Ⅲ, 黄土高原大部、河西走廊及其以北地区; 区域Ⅳ, 华北平原、内蒙古高原和东北地区; 区域Ⅴ, 长江中下游地区; 区域Ⅵa, 云贵高原东部; 区域Ⅵb, 青藏高原以北、河西走廊以西地区, 该区域的权重系数分布不够集中, 因此, 它的整体特征不如其他区域明显。

为了检验分类的合理性, 计算了前 6 个典型旬降水量序列之间的相关系数。除了第 1 典型旬降水量序列和第 3 典型旬降水量序列之间的相关系数为- 0. 6, 呈显著负相关外, 其余各典型旬降水量序列之间的相关均不显著。这说明各类降水的变化基本上是相互独立的, 因此分

类是合理的。

3 各区域旬降水量的年变化特征

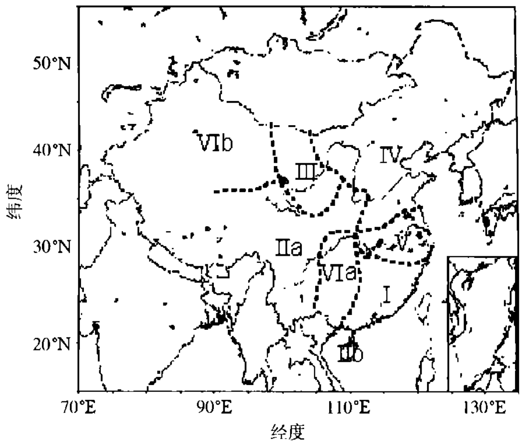

图 1 我国旬降水年变化特征的区域分布

Fig. 1 Regional distribution of annual variations of dekad precipitation in China

我国地处亚洲季风气候区, 冬季受来自大陆内部的干燥气流影响, 全国大部分地区降雨量很少, 夏季受来自海洋的暖湿气流影响, 水汽丰沛, 降水量多。全国平均旬降水量的多年平均值的第 1 谐波值(图略)表示了我国旬降水量年际变化的主要特征, 即从冬季到夏季, 我国降水量逐渐增加, 最大值出现在 7 月中旬, 从夏季到冬季, 降水量逐渐减少, 最小值出现在 1 月中旬。我国的降水主要集中在夏季, 冬季降水量最小, 春、秋季次之。

图 2a～f 给出了前 6 个典型旬降水量序列的分布。由于在计算之前从多年平均旬降水量中去除了全国平均降水量的第 1 谐波分量, 因此所得的结果表示的是各类降水对全国平均年变程第 1 谐波的偏差。

区域Ⅰ以第 1 典型旬降水量序列(图 2a)为主要特征, 该区域 1—5 月的典型旬降水量为很大的正值, 7—8 月的典型降水量值为较小的负值, 11—12 月的典型旬降水量值也较大。与全国平均年变程相比, 江南、华南的雨季开始较早, 冬、春季降水偏多, 夏季由于主要雨带北移, 7、8 月份降水相对偏少。这与陈菊英[7]的结果一致。

以第 2 典型旬降水量序列(图 2b)为主要特征的区域有两个, Ⅱa 和Ⅱb, 这两个区域的典型旬降水量值在 9、10 月份有一很高的峰值, 7 月上旬到 8 月上旬有一较明显的低值。与全国平均年变程相比, 区域Ⅱa 和Ⅱb 在 7 月上旬到 8 月上旬的降水量相对偏少, 9 月上旬到 11 月上旬的降水量显著偏多。9、10 月份全国大部分地区已是秋高气爽, 由于西南低涡继续向这一地区输送水汽, 因此造成了该地区的秋雨。

区域Ⅲ以第 3 典型旬降水量序列(图 2c)为主要特征, 由图可以看出, 区域Ⅲ的典型旬降水量序列的变化与区域Ⅰ的变化基本相反。与全国平均年变程相比, 10 月下旬到 3 月中旬降水量明显偏少, 其中 12 月份的偏差最大; 由于雨带北移, 7 月下旬到 9 月上旬的降水量偏多, 全年降水主要集中在这一时期。

第 4 典型旬降水量序列(图 2d)在区域Ⅳ的旬降水年变程中占很大比重, 由图可以看出, 区域Ⅳ5、6 月份的典型旬降水量值有一明显低谷, 7、8 月份的典型旬降水量值相对偏大。5、6 月份, 大范围雨带位于江淮以南, 所以, 区域Ⅳ5、6 月份降水显著偏少。7 月中旬至 9 月上旬, 雨带已移到华北地区, 形成华北、东北地区的雨季。

区域Ⅴ以第 5 典型旬降水量序列(图 2e)为主要特征, 该区域除 6 月中旬到 7 月上旬外, 各旬典型降水量值都不大, 表明该区降水年变化与全国平均状况最为接近。因为区域Ⅴ的权重系数为负值, 所以图中正值表示降水偏少, 负值表示降水偏多。6 月中旬到 7 月上旬的典型旬降水量值异常偏小, 说明区域Ⅴ这段时间的降水量异常偏多, 这正体现了长江中下游地区 6 月中旬到 7 月上旬的梅雨特征。

以第 6 典型旬降水量序列为主要特征的区域也有两个, 区域Ⅵa 和Ⅵb。图 2f 所示的典型

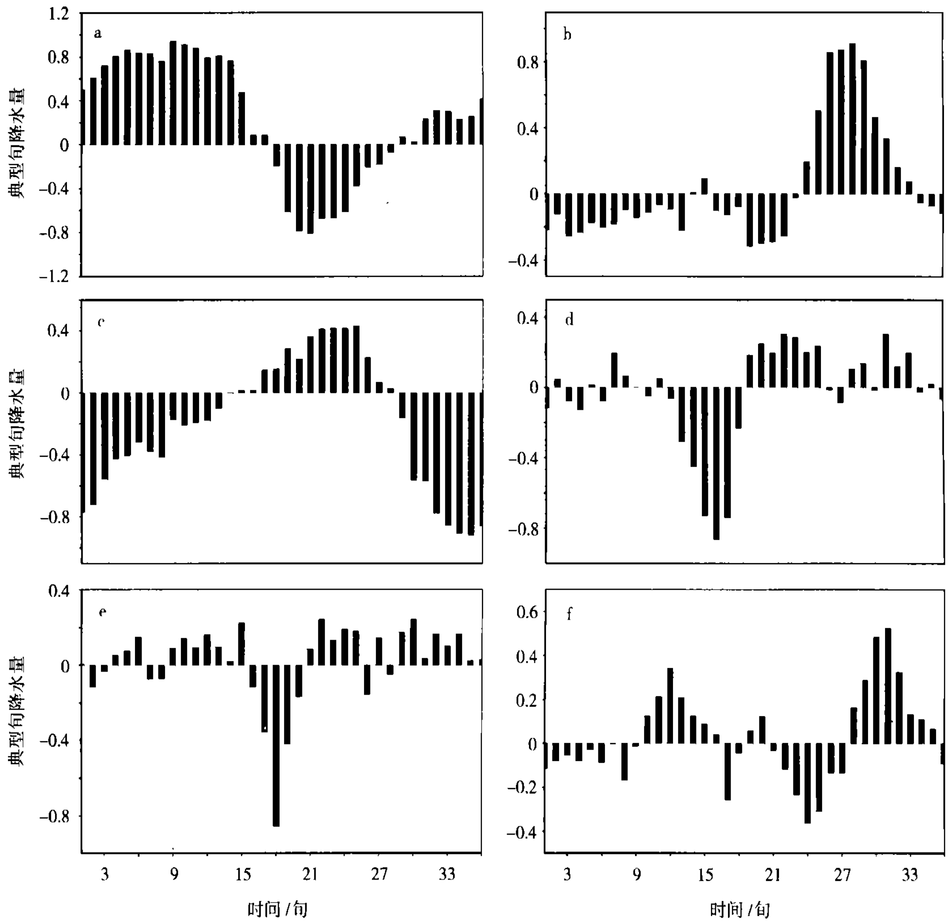

图 2　第 1 到第 6 个典型旬降水量序列(图 a～f 依次表示)

Fig. 2　First six typical dekad-precipitation series(a～f respectively)

旬降水量序列有两高一低的特点。与平均年变程相比, 4 月中旬到 5 月上旬降水量偏多; 由于雨带北移, 8 月中旬到 9 月上旬降水明显偏少; 而到了 10 月中旬至 11 月中旬, 受西南低涡影响, 降水量又显著偏多。

由此看来, 我国各地区的降水在全年上的分配除了夏季多、冬季少的共同特征之外, 还有其地域性特点, 在不同时段我国降水分配于不同地区。

4　各区域降水的特征时段

根据典型旬降水量值的大小, 将各区域的降水划分出几个特征时段。取典型旬降水量绝对值≥0. 3 且至少有两个旬连在一起, 同时典型旬降水量峰值的绝对值不小于 0. 4 的, 将其划分为一个特征时段, 得到表 1 的划分结果。

各区域特征时段降水量间的同期相关系数和滞后一年相关系数(表略) 表明, 有些区域特征时段的降水与其前期特征时段的降水显著相关, 而且, 有的特征时段降水与多个前期特征时段降水显著相关, 例如, 与区域Ⅵa 特征时段降水显著相关的特征时段有前一年区域Ⅰ1—15 旬、前一年区域Ⅲ1—8 旬、前一年区域Ⅲ30—36 旬和当年区域Ⅳ13—17 旬的特征时段降水。特征时段降水间的显著相关说明了我国雨带在移动过程中强度和位置的变化有着一定的自相

关特征，这些相关有一定的预报意义,可以考虑将其作为中期天气预报的参考因子。

表1 各区域特征时段

Table 1 Characteristic period of time in each region

	区域							
	Ⅰ	Ⅱa	Ⅱb	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵa	Ⅵb
特征时段(旬)	1—15 19—25	25—31	25—31	1—8 21—25 30—36	13—17	17—19	30—32	30—32

5 各区域特征时段降水量和年降水量近44 a的趋势变化

各个区域特征时段的降水表征了该区域降水的突出特点,统计各区域各测站在特征时段内的平均降水量,对各特征时段降水的长期趋势做三次多项式拟合,同时对各区域的平均年降水量也做三次多项式拟合,讨论近44 a来各区域特征时段降水量(图3)和年降水量(图略)的趋势变化。

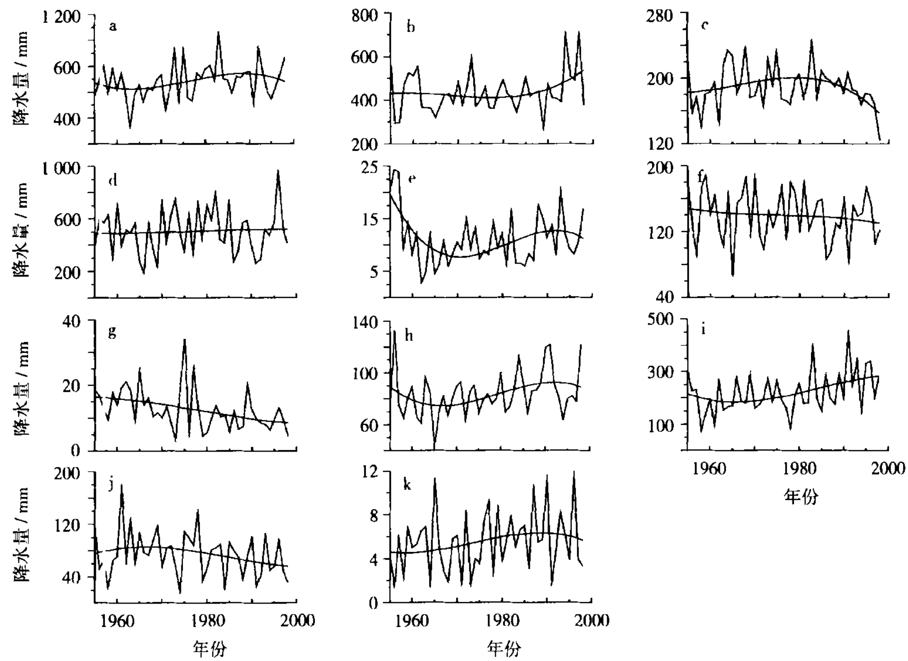

图3 近44 a各特征时段降水量的趋势变化

Fig. 3 Trend of precipitation in each characteristic period of time in recent 44 years

区域Ⅰ在1—15旬特征时段的降水量(图3a)即全国进入汛期以前我国华南沿海的降水,近半个世纪以来总体上呈波动上升趋势，80年代末期以后降水量呈缓慢下降趋势;该区域19—25旬特征时段的降水量(图3b)主要是台风和其它热带系统降水,50年代中期到70年代末降水量略微有所减少,但变化趋势不明显,80年代开始呈明显上升趋势;该区域的年降水量近44 a来呈持续上升趋势。

区域Ⅱa 25—31旬特征时段的降水是华西秋雨的体现,该时段内的降水量(图3c)在80

年代以前呈上升趋势, 80 年代以后呈下降趋势; 这一区域的年降水量近半个世纪以来呈持续下降趋势。

区域Ⅱb 与区域Ⅱa 有相同的特征时段和旬降水年变化特征。该区域特征时段的降水量(图 3d) 近 44 a 来的趋势变化不明显; 年降水量呈波动变化, 50 年代中期到 60 年代中期呈上升趋势, 60 年代中期到 80 年代中期降水量持续减少, 此后又呈明显上升趋势。

区域Ⅲ在 1—8 旬特征时段的降水量(图 3e) 变化幅度较大, 70 年代以前呈急剧下降趋势, 70 年代以后呈上升趋势; 21—25 旬特征时段是该区域降水的集中时段, 这一特征时段的降水量(图 3f) 近 44 a 来呈持续下降趋势; 30—36 旬特征时段的降水量(图 3g) 也呈持续下降趋势; 年降水量近半个世纪以来也呈下降趋势。其中 21—25 旬特征时段的降水量趋势变化与该区域降水量的变化趋势最为接近, 可以用 21—25 旬的降水特征代表年降水的变化特征。

区域Ⅳ13—17 旬特征时段的降水量(图 3h) 的变化与图 3a 的变化趋势极其相似, 但图 3a 更平缓, 60 年代中期以前降水量呈上升趋势; 该区域的年降水量 80 年代以前呈下降趋势, 80 年代后呈上升趋势。

区域Ⅴ17—19 旬特征时段的降水量(图 3i) 基本上可代表梅雨期降水量, 这一时段内的降水量 50 年代中后期呈下降趋势, 自 60 年代以来呈持续上升趋势; 这一区域近半个世纪以来的年降水量的趋势变化与该区域 17—19 旬特征时段降水量的趋势变化十分接近, 因此, 可以用该区域特征时段降水的特征描述年降水的变化特征。

区域Ⅵa 在 30—32 旬特征时段的降水量(图 3j) 在 50 年代中期到 60 年代中期呈上升趋势, 此后呈持续下降趋势; 该区域的年降水量近 44 a 来呈明显波动变化, 60 年代末以前呈上升趋势, 70 年代到 80 年代末呈下降趋势, 90 年代又呈上升趋势。

区域Ⅵb 与区域Ⅵa 有相同的特征时段和旬降水年变化特征, 由图 3k 可以看出, 特征时段降水量在 80 年代后期以前呈上升趋势, 80 年代末开始呈下降趋势。特征时段降水量的变化趋势与该区域的年降水量的变化趋势比较接近, 可以考虑用特征时段降水的变化表示年降水的变化特征。

比较各区域特征时段降水量的变化趋势与年降水量的变化趋势可以发现, 有些区域特征时段降水量的变化趋势与年降水量的变化趋势十分接近, 可以用特征时段降水的变化来表征年降水的变化特征。以相同典型旬降水量序列为主要特征的不同区域, 虽然具有相同的特征时段和旬降水年变化特征, 但是各个区域特征时段的降水量有不同的趋势变化, 近半个世纪以来各区域年降水量的趋势变化也不尽相同。

6　结　论

(1) 本文通过对我国多年平均旬降水百分比的 REOF 分解, 将我国各地旬降水的年变化特征划分为 6 大类别, 在地理分布上归为 8 个区域。

(2) 各区域的降水除了夏季多、冬季少的共同特征之外, 还有其地域性特点。

(3) 部分特征时段降水量间存在显著统计相关, 这些相关对降水的预报有一定指导意义, 可以作为中期天气预报的参考因子。

(4) 各区域特征时段的降水量和年降水量近半个世纪以来有各自不同的变化趋势, 在有些区域, 特征时段降水量的趋势变化与年降水量的趋势变化很接近, 可以用特征时段降水的变化表示年降水的变化特征。

参考文献:

[1] 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.

[2] 魏凤英, 张先恭, 李晓东. 用 CEOF 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.

[3] 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.

[4] Henry F D, Bradley R S, Eischeid J K. Precipitation fluctuations over global land areas since the late 1800's[J]. J Geophys Res. 1989, 94(D1): 1 195-1 210.

[5] Simon J M, Peter R W, Gillian M M, et al. Changes in extreme rainfall events in south Africa[J]. Climate Change. 1999, 41(2): 249-257.

[6] 邓自旺, 闵锦忠, 张 勇. 中国近 50 年气候变化复杂性分析[J]. 南京气象学院学报, 2001, 24(2): 186-193.

[7] 陈菊英. 中国旱涝的分析和长期预报研究[M]. 北京: 农业出版社. 1991: 1-80.

[8] 朱乾根, 陈晓光. 我国降水自然区域的客观划分[J]. 南京气象学院学报, 1992, 15(4): 467-475.

[9] 江志红, 丁裕国. 近 40 年我国降水量年际变化的区域性特征[J]. 南京气象学院学报, 1994, 17(1): 73-78.

[10] 陈佩英. 川东盛夏干旱的气候趋势分析[J]. 高原气象, 1985, 4(3): 274-278.

[11] 黄嘉佑. 转动主分量分析在天气气候分析中的应用[J]. 气象, 1988, 14(9): 47-51.

[12] 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.

[13] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 128-134.

Regional Distribution of Annual Variations of Dekad Precipitation in China

WANG Xiao-ling, TU Qi-pu

(Department of Geography, NIM 210044, China)

Abstract: Using Rotated Empirical Orthogonal Function (REOF) to analyze the annual variations of China dekad precipitation based on dekad precipitation data averaged over 1955—1998, the annual variations of the precipitation are divided into 6 categories which cover 8 regions geographically. The precipitation in each region is of regional characteristics, besides the common feature of more in summer and less in winter. The significant correlations between the precipitation in characteristic periods of time in different regions are considerable factors for mid- and long-term weather forecast. In recent 44 years, the trends of the precipitation in characteristic periods of time and annual precipitation in various regions are changing differently, but in some regions, the trend of the precipitation in characteristic period of time can respect that of annual precipitation.

Key words: REOF; typical dekad precipitation; characteristic period of time