

近 52 年江淮梅雨的降水分型^{* 1}

胡娅敏^{1,2,3} 丁一汇⁴ 廖菲¹

HU Yamin^{1,2,3} DING Yihui⁴ LIAO Fei¹

1. 中国气象局广州热带海洋气象研究所, 广州, 510080

2. 广东省气候中心, 广州, 510080

3. 中国气象科学研究院, 北京, 100081

4. 中国气象局国家气候中心, 北京, 100081

1. *Institute of Tropical and Marine Meteorology, CMA, Guangzhou 510080, China*

2. *Guangdong Climate Center, Guangzhou 510080, China*

3. *National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China*

4. *Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China*

2008-02-15 收稿, 2008-03-31 改回.

Hu Yamin, Ding Yihui, Liao Fei. 2010. A classification of the precipitation patterns during the Yangtze-Huaihe meiyu period for the recent 52 years. *Acta Meteorologica Sinica*, 68(2):235-247

Abstract According to the daily meiyu period precipitation data from 1954 to 2005, the distribution of the predominant precipitation patterns in the Yangtze-Huaihe region is analyzed by the rotated empirical orthogonal function (REOF) method. The results show that there mainly are four kind meiyu precipitation modes in the region, namely, the Yangtze-Huaihe-type, south of the Yangtze River-type, Huaihe River-type, as well as Dongting Lake and Poyang Lake-type. During the recent 52 years, the occurrence probability of the precipitation modes of the Huaihe River-type becomes increasing and the probability of the other three modes is almost the same as each other. All of them are of 6–7-year and quasi-20-year periodical oscillations as suggested by use of the method of the maximum entropy spectrum with the Dongting Lake and the Poyang Lake-type having an additional 2–3-year period. It is worthwhile to note that the south of the Yangtze River-type tends to decrease while the Huaihe River-type to increase since 1990. Based further on the REOF, the subdivision of the precipitation distribution pattern has been obtained by use of the method of the system-cluster analysis. The precipitation distribution of the Yangtze-Huaihe-type meiyu can be divided into 5 categories of pattern. The first and the second precipitation categories are the rich and poor meiyu pattern in the whole Yangtze-Huaihe region, respectively. The other three categories are characterized by rich in the south and poor in the north (RMSPN), rich in the north and poor in the south (RMNPS), rich in the south and north and poor in the middle (RMSNPM), respectively. They account for 15.4%, 40.4%, 15.4%, 19.2% and 9.6% of the total years, respectively. And each precipitation pattern has its different meiyu parameter characteristics. For example, the earlier onset date, later end date, longer meiyu duration and stronger rainfall are characteristic of the rich meiyu pattern, but the reverse conditions are of the poor one. As long as the rain-belt pattern is concerned, the RMSNPM shows an earlier onset time, and the RMNPS does a later one with the RMSPN of the earliest onset time. All kinds of the distribution are corresponding with the geography location. Furthermore, in addition to the obvious interannual characteristics, the meiyu precipitation pattern also takes on the inter-decadal variation. Both the poor meiyu and the RMNPS pattern can be found mainly before 1970s. Then the poor meiyu pattern occurred during 1970s–1990s. And the rich meiyu and the RMSPN pattern are mostly presented in 1990s, while the poor meiyu and the RMNPS pattern are met since 2000. In the end, according to the NCEP/NCAR reanalysis data, the different atmospheric circulation features, in-

* 资助课题: 国家自然科学基金(40705026)和中国气象局广州区域气象中心气象科技攻关项目(GRMC2007B01)。

作者简介: 胡娅敏, 主要从事短期气候预测研究。E-mail: huyamin_1978@sohu.com

cluding the location of the South Asian High, the upper-level westerly and easterly jet, the permanence and maintenance of the western North Pacific subtropical high and the mid-high latitude blocking high, the vertical velocity, as well as the water vapor transport during the summer monsoon, are discussed for the 5 kind meiyu precipitation patterns, respectively.

Key words Meiyu in the Yangtze-Huaihe region, Precipitation patterns, Rotated empirical orthogonal function (REOF), Cluster analysis

摘要 根据 1954—2005 年江淮地区梅雨期间的逐日降水资料,采用旋转经验正交函数分解法(REOF)分析得到,江淮梅雨具有江淮型、江南型、淮河型和两湖型 4 种优势降水型,都存在着 6—7 年和准 20 年的周期振荡,20 世纪 90 年代后表现为江南梅雨型减少、而淮河梅雨型增加的趋势。进一步采用系统聚类法对江淮梅雨期逐年降水场进行客观分型得到,江淮梅雨分为全流域丰梅型、全流域枯梅型、南丰北枯型、北丰南枯型和南北丰中间枯型共 5 种雨型。全流域丰梅型具有入梅早、出梅晚、梅雨期长、梅雨量大和梅雨强的特点,而全流域枯梅型正好与之相反。雨带型中,以南北(北)丰中间(南)枯型入梅早(晚),南(北)丰北(南)枯型出梅早(晚),这些特征与雨带的地理位置相对应。江淮各梅雨型均具有明显的年代际变化,20 世纪 90 年代主要对应全流域丰梅型和南丰北枯型,而 2000 年以后以全流域枯梅型、北丰南枯型和南北丰中间枯型为主。近 52 年中 20 世纪 60 年代(90 年代)梅雨期最短(长)、梅雨量最少(多)、梅雨强度最弱(强)。最后,从南亚高压位置、高空东、西风急流、西太平洋副热带高压和阻塞高压的位置及维持、垂直速度、季风气流的水汽输送 6 个方面对比了不同梅雨降水型所对应的大气环流特征及主要差异。

关键词 江淮梅雨,降水分型,REOF,聚类分析

中图法分类号 P457.6

1 引言

随着观测资料和再分析资料的丰富以及梅雨研究的深入(Chen,2004;Ding,et al, 2005;丁一汇等,2007),人们发现江淮梅雨不仅在时间尺度上具有较大的年际和年代际变率(陶诗言等,1988;徐群等,2001;杨义文等,2001;魏凤英等,2004;徐群,2007;胡娅敏等,2008),而且旱涝程度也存在地域差别(钱永甫等,2007),江淮地区除了整体偏涝或偏旱外,有些年份出现部分地区偏涝而其他地区偏旱,1999 年长江以南地区发生大洪水,而淮河流域大部分地区降水偏少 5—8 成;2005 和 2007 年主要雨带位于淮河流域,而长江中下游降水偏少。于是,人们相继开展了对江淮梅雨的降水分型工作,一些学者为研究方便选取 6—7 月(竺夏英等,2007)或 5—7 月(胡娟等,2004)来表征梅汛期降水,结果得到江淮南、北两区确有许多不同的变化特征(胡娟等,2004),其降水型呈现经向非均匀分布——南涝北旱和南旱北涝(竺夏英等,2007)。宗海锋等(2006)为了避免由于过度平均模糊长江流域梅雨期降水的特征,采用平均梅雨期(6 月 11 日—7 月 10 日)研究梅雨期中国东部降水的时空变化时,得到 3 种主要降水空间型——江南北部多雨型、长江流域多雨型和江淮平

原多雨型,并指出 3 种雨型对应的东亚夏季风环流因子也存在明显差异。因而,在研究江淮梅雨时有必要进行分区研究。事实上,从地区预报的实用角度,人们往往需要知道更细致的雨区分布特征,梅雨发生在江淮地区什么部位十分重要,雨区是否偏南、偏北、或是平均位置等等,是人们关心的问题,对气候预测业务具有重要的理论和实践意义。

然而,梅雨的入梅日、出梅日和梅雨期存在着很大的年际变化,徐群等(1965)统计 5 月出现梅雨的情况约 15%,胡娅敏等(2008)统计了 1954—2005 年 8 月出梅的高达 33%,二段梅出现的概率达 17%,最短梅雨期和最长梅雨期前后相差 64 天。Ninomiya 等(2002)进一步指出,即便同是 1991 年,其“梅雨相”(7 月 20—27 日)和“非梅雨相”(7 月 1—13 日)期间的大气环流特征也是不同的。因而研究江淮梅雨分型及其环流特征时,不能简单选取固定时段(月或季)的雨量作为梅汛期降水,而应采用当年梅雨期间的降水进行研究。一些学者也注意到了这个问题,他们选取江淮梅雨期作为研究时段,对梅雨进行更细致的分型,结果得到江淮梅雨分为 3 类 6 型,分别为:全区丰梅型、南多北少型以及中间多雨、南北少雨型以及它们的反位相型(朱乾根等,1992;吕君宁等,1990;王建新等,1994)。从预测

业务角度看,他们对江淮梅雨型进行专题分析是有实际意义的,然而他们选取的资料均为 20 世纪 50 年代—80 年代,不能确切反映近年气候变化的特征。最近的研究(杨义文,2002)指出,80 年代以来梅雨强度与 50、60 和 70 年代相比明显增强,过去 116 年(1885—2005 年)平均每 10 年出现 1.8 次典型丰梅年,90 年代就占了 5 年,而过去约 12 年 1 次的异常丰梅年,90 年代就占了 3 年。值得指出的是,近 6 年(2000—2005 年)梅雨量却比过去 116 年(1885—2005 年)平均偏少 25.2%,比 1979—1999 年均值减少了 48.2%(徐群,2007)。而且,长江中下游梅雨(徐群,2007)、淮河夏季降水(高辉,2006)、江淮梅雨(胡娅敏,2008)均在 70 年代末发生了一次年代际突变。这种气候的变化是否会对江淮梅雨的雨带分布类型也产生不同的影响? 这些都需要进一步的深入研究。

本文旨在前人研究工作的基础上,吸收前人划分雨型的有益经验,选用更长的时间序列(1954—2005 年)对包括长江中下游地区和淮河流域的整个江淮地区(28°—34°N, 110°—122°E)梅雨期的不同雨带分布型进行更细致的研究,并分析不同梅雨型下所对应的环流特征及主要差异,希望能为梅雨降水分布的趋势提供指导。实际上,本文是利用更稠密、更长的资料对近 52 年江淮梅雨分型研究的一个更新。

2 资料选取和分析方法

降水数据是由中国气象局国家气象信息中心提供的中国 1954—2005 年 753 个台站的逐日观测资料,但考虑到台站建站时间不同、资料长度不一,且有些台站存在缺测值,而且台站的迁移造成了资料的不连续(例如:长江中下游 5 个代表站中的龙华、芜湖和九江分别在 1991、1986 和 1954 年迁移到上海、芜湖县和庐山),因而本文剔除了 1954—2005 年从 5 月 1 日—8 月 31 日有缺测和资料不连续的台站,选取江淮地区 46 个资料质量较高的台站进行研究。分析环流特征的资料均取自 1954 年 5 月 1 日—2005 年 8 月 31 日 NCEP/NCAR 的水平分辨率为 2.5°×2.5°的逐日常规气象要素再分析资料。1954—2005 年江淮梅雨的各指标取自文献(胡娅敏等,2008)。如无特殊说明,本文中的梅雨均指江淮

梅雨。

研究中降水分型主要选用 REOF 方法和聚类分析方法。考虑到 REOF 分离出的空间分布结构较经验正交函数分解(EOF)更能清晰表示不同地理区域的特征,因此本文选用 REOF 方法分析其优势降水型,旋转后的典型空间分布结构清晰,不但可以较好地反映不同区域的变化,而且可以反映不同地域的相关分布状况(魏凤英,1999)。但是,REOF 得到的各特征向量的方差贡献是不同的,因此不宜用其旋转空间模对应的时间系数大小作为降水分型的标准,本文采用系统聚类法对江淮梅雨期逐年降水场进行客观分型。聚类分析是一种与判别分析截然不同的分类法,它运用数学方法对不同的样本进行数字分类,定量地确定样本间的亲疏关系,并按照它们之间的相似程度,归组并类(陈谋国,1997; Harrison,1984)。其基本思想是:先将 n 个样本各自看成一类,然后规定样本之间的距离和类与类之间的距离。开始,因每个样本自成一类,类与类之间与样本之间的距离是相等的,选择距离最小的并成一个新类,计算新类和其它类的距离,再将距离最近的两类合并,这样每次减少一类,直至所有样本都成一类为止。本文选取离差平方方法作类间距离,设将 n 个样本分成 k 类: $G_1, G_2 \dots G_k$,用 X_{it} 表示 G_i 中的第 i 个样本, n_i 表示 G_i 中的样品个数, \bar{X}_i 是 G_i 的重心,则在 G_i 中样本的离差平方和是

$$S_i = \sum_{i=1}^{n_i} (X_{it} - \bar{X}_i)' (X_{it} - \bar{X}_i) \quad (1)$$

整个类内平方和是

$$S = \sum_{i=1}^k S_i = \sum_{i=1}^k \sum_{i=1}^{n_i} (X_{it} - \bar{X}_i)' (X_{it} - \bar{X}_i) \quad (2)$$

当 k 固定时,要选择使 S 达到极小的分类。如果分类分得恰当,同类样本之间的离差平方和应当较小,而类与类之间的离差平方和应当较大。

3 近 52 年江淮梅雨降水的客观分型

3.1 梅雨带分布的主要模态

利用江淮地区 46 个台站(图 1)1954—2005 年梅雨期降水资料,研究江淮梅雨期的优势降水型。REOF 法对江淮梅雨期降水展开的前 4 个特征向量分别解释总方差的 29.2%、32.7%、16.8% 和

12.3%, 累计达 91.0%。利用 North 等(魏凤英, 1999)的经验方法对其取样误差进行评估, 结果表明它们之间是可分的, 也是稳定的。所以, 取前 4 个旋转空间模来描述梅雨带的分布特征。从它们的模态分布(图 2)可以看出, 江淮地区梅雨期降水的主要分布型为江淮型、江南型、淮河型和两湖型。

第 1 旋转空间模为江淮型(图 2a), 雨带沿着长江流域和淮河流域东西向伸展, 最大降水中心位于安徽、江苏和湖北省。其时间序列图在近 52 年的演变中呈现一致的上升趋势, 20 世纪 50 年代中末期—60 年代末对应着一致的负位相, 其余时段在平均值周围正负振荡。1991 年是典型的江淮型。

第 2 旋转空间模为江南型(图 2b), 主要雨带位于长江以南地区, 降水中心位于浙江和江西北部。其时间序列年代际变化明显, 20 世纪 90 年代以前主要以负位相为主, 1992—2002 年呈现显著的正位相, 近几年又以负位相为主。但 90 年代之前的线性趋势是逐渐上升的, 90 年代以后其线性趋势呈现显著减少的趋势。

第 3 旋转空间模是淮河型(图 2c), 主要雨带沿淮河流域, 雨量由南向北递增, 最大降水中心位于安徽、江苏北部和河南南部地区。其时间序列图表现出很大的年际变化, 20 世纪 50 年代中期—60 年代初期和 80 年代中期—90 年代中期对应着负位相阶段, 90 年代中期以后以正位相为主。与江南型的线性趋势相反, 90 年代之前的线性趋势是逐渐下降的, 而 90 年

代以后其线性趋势呈现显著增加的趋势。

第 4 旋转空间模为两湖型(图 2d), 主要雨带位于长江中游南岸, 降水中心位于洞庭湖和鄱阳湖两湖地区。其时间序列年代际变化明显, 表现为 20 世纪 60 年代初期以前和 80 年代初期—90 年代初期对应着负位相阶段, 70 年代中后期和 90 年代中后期对应着显著的正位相阶段。90 年代以前呈现线性下降趋势, 而 90 年代后呈现上升趋势, 但这种增加趋势没有淮河型显著。

采用最大熵谱法分析各旋转空间模对应时间序列的主要周期(图略), 得到 4 种空间型都具有 6—7 年和准 20 年的周期振荡, 其中两湖型还存在 2—3 年短周期, 而其余 3 个空间型的短周期变化不明显。

以时间系数绝对值大于 1.0 为标准选出各分布型出现的典型年份(表 1), 可以看出, 近 52 年中淮河型梅雨出现的概率最大(达 23.1%), 其他 3 种雨型出现的概率相当。而且, 4 种空间模态中 80 年代后的典型年份分别占总数的 66.7%、85.7%、58.3% 和 42.9%, 这说明 80 年代后梅雨带的分布更为典型, 其中江南型和两湖型都集中在 90 年代, 而近 6 年(2000—2005 年)主要以淮河型为主。因此今后应该对淮河型梅雨给予重视, 尤其是 2000 年以后淮河型梅雨的增加趋势非常明显, 研究表明, 西太平洋副热带高压脊位置的北移、东亚夏季风的加强以及冷空气的减弱, 可能是导致 2000—2006 年梅雨带位置北移的原因(胡娅敏等, 2009)。

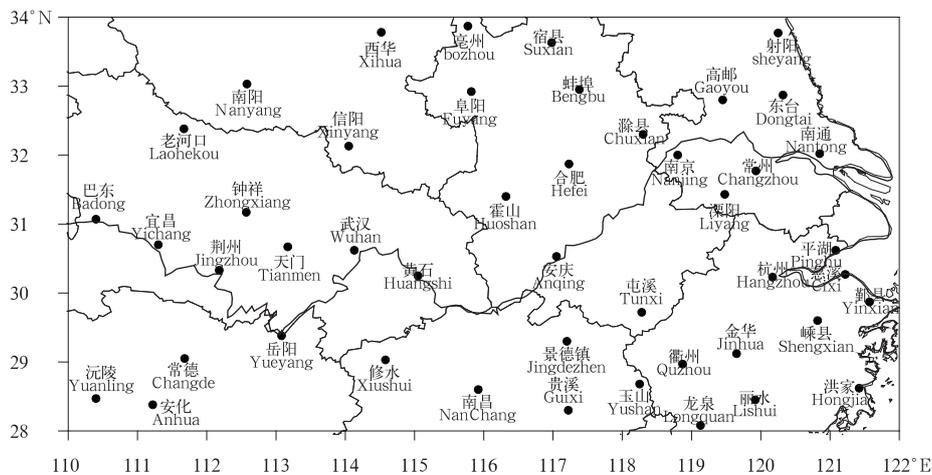


图 1 江淮地区 46 站分布

Fig. 1 Location of the 46 stations in the Yangtze-Huaihe region

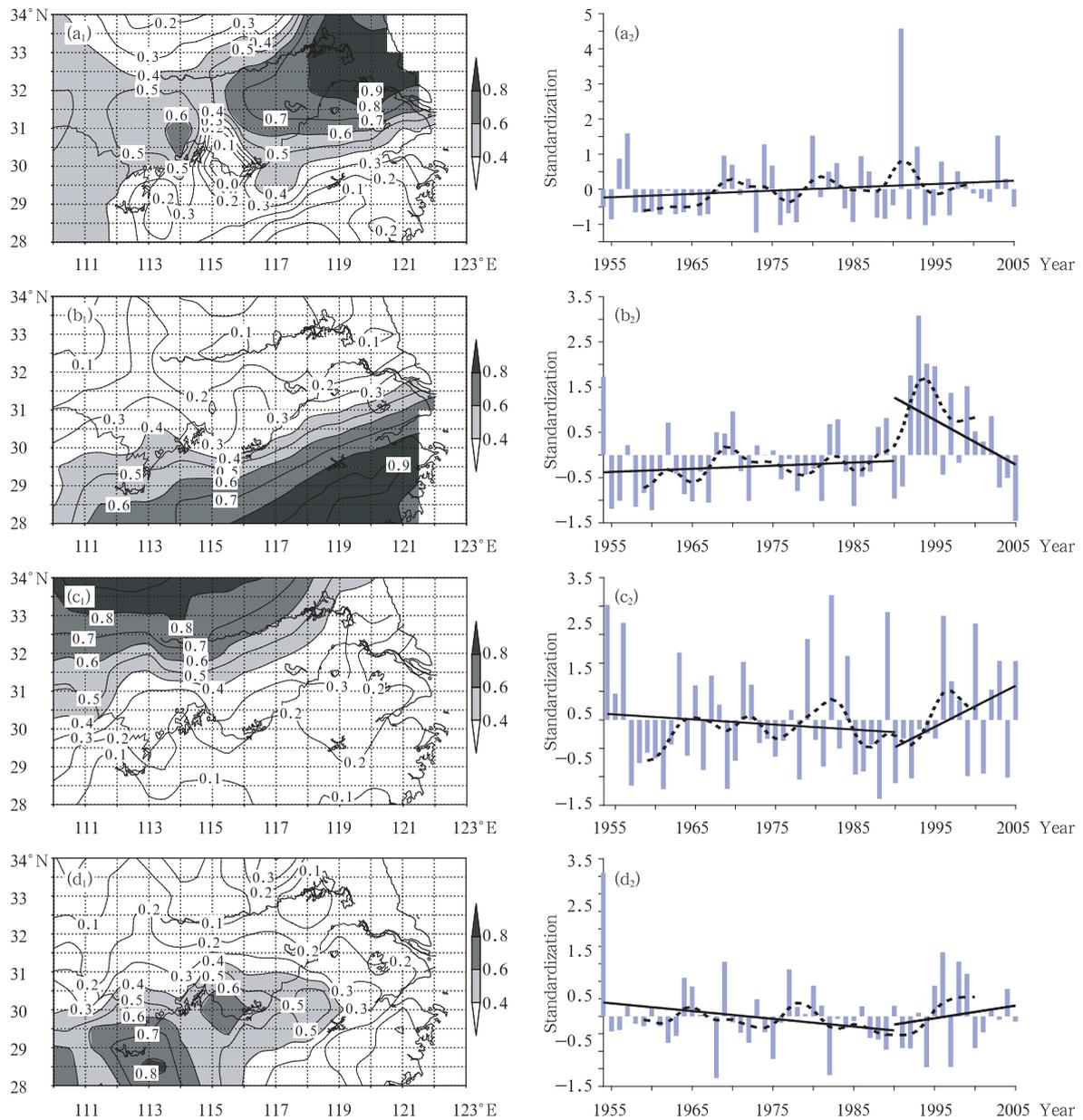


图 2 REOF 第 1 旋转空间模(a)、第 2 旋转空间模(b)、第 3 旋转空间模(c)、第 4 旋转空间模(d)及其对应的时间系数分布(时间序列图中柱状表示时间序列,直线表示线性趋势,虚线表示 11 年滑动平均)

Fig. 2 The spatial distribution of the leading four REOF modes and their time coefficients (a)—(d) (the bar charts are for their time series, the solid lines denote their linear trends and the dotted lines are for their 11 year running average)

表 1 REOF 的前 4 个主要模态对比

Table 1 The comparison of the first four REOF modes

	第 1 空间模	第 2 空间模	第 3 空间模	第 4 空间模
类型	江淮型	江南型	淮河型	两湖型
占总方差比例	29.2%	32.7%	16.8%	12.3%
典型年份	1957,1974,1980, 1991,1993,2003	1954,1992,1993, 1994,1995,1997, 1999	1954,1956,1963,1971, 1979,1982,1984,1989, 1996,2000,2003,2005	1954,1964,1969, 1977,1996,1998, 1999
占总年份的百分比	11.5%	13.5%	23.1%	13.5%

注:“_”表示 1980 年后的年份

3.2 江淮梅雨的降水分型

虽然 REOF 能分辨出近 52 年江淮梅雨的优势降水型,但是由于各特征向量的方差贡献是不同的,因此若用前 4 个旋转空间模对应的时间系数大小作为分型的标准是有缺陷的,例如:当某年第 3 旋转空间模的时间系数最大时,它往往并不一定对应淮河型,或者说仅仅对应淮河型,就像 1954 年是全流域的多雨型,它同时对应着江南型、淮河型和两湖型,

到底应该把它归类到哪一种空间型?同时,分型要符合短期气候预测业务的特点和要求,主要雨型必须反映梅雨期的主要气候特征和规律,不同雨型之间环流成因差异应当是显著的。因此,本文在采用 REOF 分辨出优势降水型的基础上,选用系统聚类法对江淮梅雨期逐年降水场进行客观分型,划分为 5 种降水型(图 3 和表 2):第 1 型是全流域丰梅型,共 8 年;第 2 型是全流域枯梅型,共 21 年;第 3 型为南

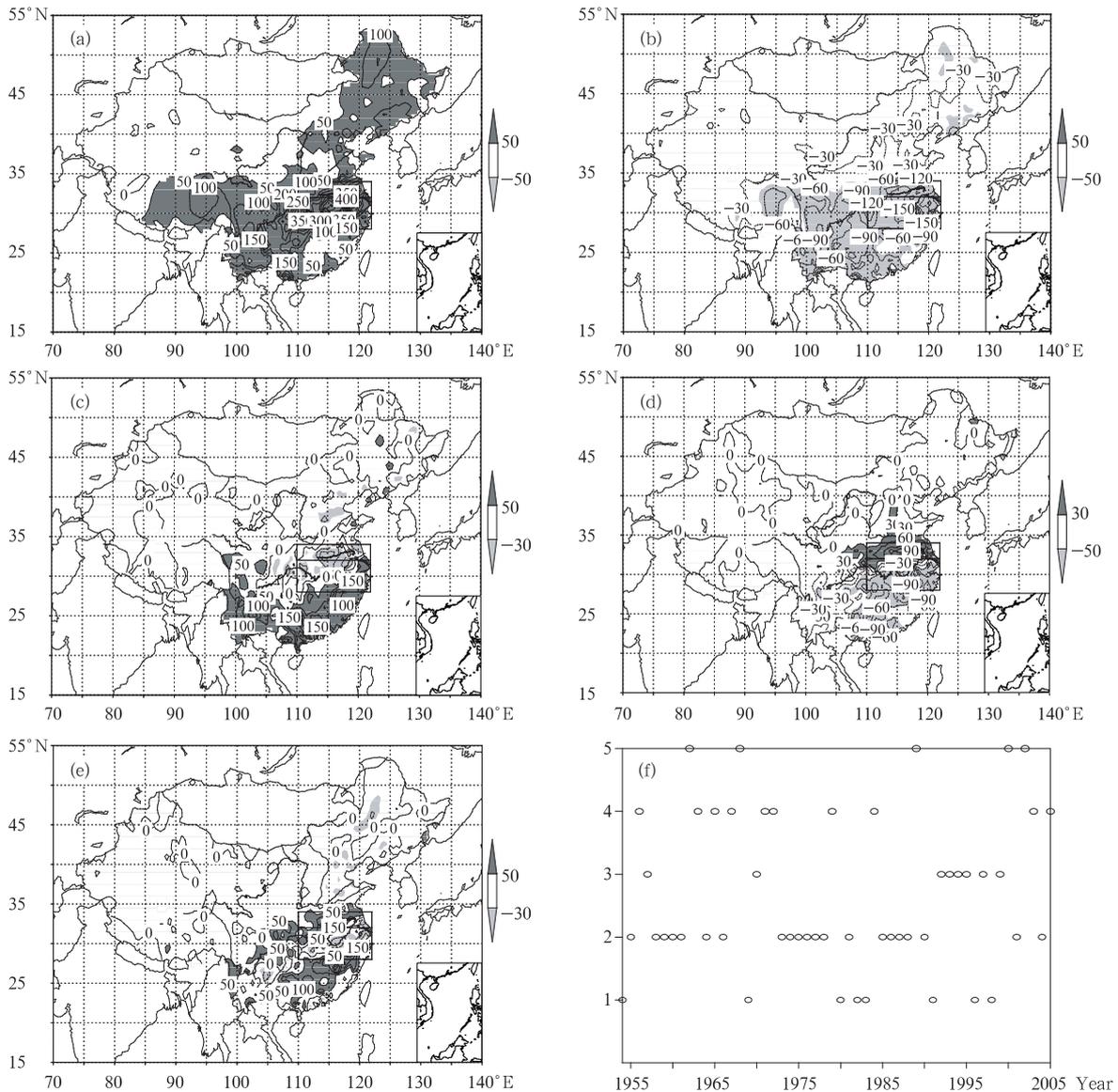


图 3 聚类分析所对应的 5 种降水型(a. 全流域丰梅型, b. 全流域枯梅型, c. 南丰北枯型, d. 南枯北丰型, e. 南北丰中间枯型, f. 1954—2005 年各年所对应的梅雨型(1—5 分别对应 a—e 种梅雨型)

Fig. 3 The meiuyu patterns based on the cluster analyses; (a) the rich meiuyu and (b) the poor meiuyu in the whole region, (c) rich meiuyu in the south and poor in the north, (d) rich meiuyu in the north and poor in the south, (e) rich meiuyu in the south and north and poor in the middle, and (f) the corresponding meiuyu patterns for every year from 1954 to 2005 (1—5 corresponds to meiuyu pattern a—e, respectively)

丰北枯型,主要雨带分布在长江流域以南地区,共 8 年;第 4 型为北丰南枯型,主要雨带分布在长江以北、沿淮河流域地区,共 10 年;第 5 型为南北丰中间枯型,这种雨型的特征是沿长江流域降水距平为负值,主要雨带位于长江流域南北两边(包括淮河),共 5 年。其中前两种降水型在江淮流域地区表现为一致的整体性质,后 3 种降水型表现出江淮降水型的经向非均匀分布,对应着江淮地区“旱涝并存”的现象,为方便下面统称这 3 种降水型为雨带型。

与前人的分型相比(吕君宁等,1990;朱乾根等,1992;王建新等,1994),尽管分型的方法不同,且降水年代的长度增加了 22 年,但整个江淮地区的降水型在根本上没有改变,只是分布比例有所改变:1980 年以后出现全流域丰梅型有 6 年,占丰梅年总数的 75.0%;枯梅型有 8 年,占枯梅年总数的 38.1%,雨带型分布有 12 年,占雨带型年总数的 52.2%,这说明新资料的增加使丰梅年增加、枯梅年减少。就 1954—2005 年而言,丰梅年的比例占近 52 年总数的 15.4%,枯梅年达 40.4%,雨带年占 34.2%,其

中南丰北枯型占 15.4%、北丰南枯型占 19.2%、南北丰中间枯型占 9.6%。系统聚类法分析所得到的 5 种降水型与 3.1 节中 REOF 的 4 种模态是对应的,其中江淮型对应丰梅型,江南型和淮河型分别对应南丰北枯型和北丰南枯型,两湖型对应丰梅型和南丰北枯型。

从表 2 可以看出,丰梅型具有入梅早、出梅晚、梅雨期长、梅雨量大和梅雨强的特点,而枯梅型正好与之相反。雨带型中,以南北丰中间枯型入梅早,北丰南枯型入梅晚,南丰北枯型出梅最早,这些都是与雨带的地理位置相对应的。南丰北枯型梅雨期较北枯南丰型要长,但梅雨量和梅雨强度却小于北枯南丰型,这说明位于北部雨带的降水强于南部。值得指出的是,南北丰中间枯型不同于其他几种梅雨分布型为准纬向分布,它表现出两条西南—东北向的梅雨带,而沿长江中下游轴线的雨区却对应负距平降水,是什么导致了这种特殊雨带分布型?另外,为什么南北丰中间枯型的梅雨量和梅雨强度反而是雨带类型中最大的,这些问题都是需要进一步深入研究的。

表 2 5 种江淮梅雨型的梅雨参数特征

Table 2 The meiyu parameter characteristics of the five meiyu precipitation patterns

类型	年份	比例(%)	入梅日 (月.日)	出梅日 (月.日)	梅雨期(d)	梅雨量(%)	梅雨 强度
丰梅型	1954, 1969, 1980, 1982, 1983, 1991, 1996, 1998 1955, 1958, 1959, 1960, 1961, 1964, 1966, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1981, 1985, 1986, 1987, 1988, 1990, 2001, 2004	15.4	6.14	8.3	44	192	4.14
枯梅型	1957, 1970, 1992, 1993, 1994, 1995, 1997, 1999	40.4	6.27	7.17	15	46	1.41
南丰北枯型	1956, 1963, 1965, 1967, 1971, 1972, 1979, 1984, 2003, 2005	15.4	6.12	7.23	38	95	2.70
北丰南枯型	1962, 1968, 1989, 2000, 2002	19.2	6.18	7.27	25	129	2.94
南北丰中间枯型		9.6	6.9	7.26	31	130	3.04

注:梅雨参数各指标取自文献(胡娅敏等,2008)。

另外,从 1954—2005 年各年所对应的梅雨型(图 3f)来看,江淮地区的梅雨型具有明显的年代际变化,20 世纪 70 年代初期以前主要以枯梅型和北丰南枯型为主,70 年代初—90 年代初对应枯梅型,90 年代主要对应丰梅型和南丰北枯型,而 2000 年

以后以枯梅型、北丰南枯型和南北丰中间枯型为主。同样,表 3 也给出了江淮梅雨型的年代际变化特征。近 52 年中 60 年代梅雨期最短、梅雨量最小、梅雨强度最弱,90 年代梅雨期最长、梅雨量最多、梅雨强度最强。

表3 5种江淮梅雨型的年代际特征
Table 3 The interdecadal characteristics of the five meiyu precipitation patterns

	1954—1959	1960—1969	1970—1979	1980—1989	1990—1999	2000—2005
丰梅型	1	1		3	3	
枯梅型	3	4	6	5	1	2
南丰北枯型	1		1		6	
北丰南枯型	1	3	3	1		2
南北丰中间枯型		2		1		2
梅雨期年代平均(d)	25	20	24	29	37	26
梅雨量年代平均(%)	114	73	87	105	117	116
梅雨强度年代平均	2.67	1.93	2.22	2.55	2.95	2.75

注:前5行对应年数。

4 不同江淮梅雨型的大气环流特征

从前面的研究看出,各类梅雨降水型的时空分布是很有特色的,梅雨雨带以及相联系的降水系统表现出复杂的多尺度特征和独特的结构(丁一汇等,2007;Ninomiya, et al,1992;于淑秋等,2006;郑永光等,2007)。事实上,雨型的形成比较复杂,它受多种因子的影响,主要归结为两大类,即直接的和间接的影响因子。(1)大气环流是造成天气气候异常的直接原因,例如:前期及同期欧亚大气环流(吴志伟等,2006;孙林海等,2005;严华生等,2006)、热带西太平洋对流活动(王亚非等,2000)、赤道平流层QBO(廖荃荃等,1998)、东亚阻塞形势(杨义文,2001;陶祖钰等,1994)等均对梅雨降水型有影响。杨义文(2002)指出80年代以来夏季东亚阻塞高压活动频繁,从而遏制了西太平洋副热带高压季节性北进是梅雨偏丰和夏季雨带偏南的直接原因。(2)其他因子都是通过引起大气环流的异常而对降水产生影响的。大气环流的变化,除了大气内部的动力过程外,同时还受到外部强迫的作用。大量的研究表明,海温(尤其是El Niño)(宗海锋等,2005;魏凤英等,2005)、青藏高原雪盖(张顺利等,2002)等异常是影响大气环流的重要因子,还有徐群(2007)指出梅雨的变化可能与显著增强的人类活动有关。

考虑到影响江淮地区旱涝分布不同的最根本和最直接的原因是大尺度大气环流的异常,因而对表2所述的各梅雨型进行合成分析,研究不同梅雨型下对应的环流特征及其主要差异,希望能对梅雨降水分布的趋势提供指导。

首先,分析近52年平均的梅雨期环流特征(图4):(1)对流层高层(100 hPa)的南亚高压从高原东移到江淮地区并稳定维持,从而有利于高层的辐散

(图略);(2)200 hPa存在一风速中心达30 m/s的高空西风急流,经江淮地区至日本上空,而在其南部存在一东风急流,这南北两支气流对高层的辐散气流起着加速作用;(3)在500 hPa高度场的副热带地区,西太平洋副热带高压呈带状分布,其脊线在22°—23°N附近摆动,在印度东部有一稳定的低压槽存在,这样使江淮地区盛行西南风,与来自北方的偏北气流之间构成一范围宽广的气流汇合区,有利于锋生并带来充沛的水汽。在中高纬地区,雅库茨克—鄂霍茨克海维持一高压,而巴尔喀什湖及中国东北建立了两个稳定的宽槽,东北低槽正好与高纬的阻塞形势形成一稳定的偶极型,这种下游稳定的形势,使冷空气主要沿东北低压后部南下,由于冷空气在大陆上很快变性,冷锋大多只能到达江淮地区,逐步转化为稳定的梅雨准静止锋;(4)在对流层低层,850 hPa上有一江淮切变线,切变线之南有一与之近乎平行的低空西南风急流,把热带西南暖湿气流携带到江淮地区,季风在此活跃,并和来自北方的冷空气在此强烈交汇,从而导致梅雨雨带持续位于江淮地区(图略);(5)垂直速度在江淮及其南部地区维持一强的上升运动;(6)水汽主要来自孟加拉湾和南海地区的热带季风暖湿气流,同时,沿着副热带高压的西南侧有一东南暖湿气流也源源不断地输送至江淮地区。

丰梅型(图5)和枯梅型(图6)的梅雨期环流特征差异:(1)在对流层高层100 hPa,丰梅型的南亚高压中心较枯梅型位置偏东、呈青藏高原高压模态,而枯梅型位置偏西、呈伊朗高压模态(图略);(2)而200 hPa高度场上,丰梅型雨带南北两边的东、西风急流偏强,而枯梅型则与之相反,雨带下游的东风距平气流阻碍了南亚高压的东进,使得江淮地区降水减少;(3)对流层中层500 hPa高度场的副热带地

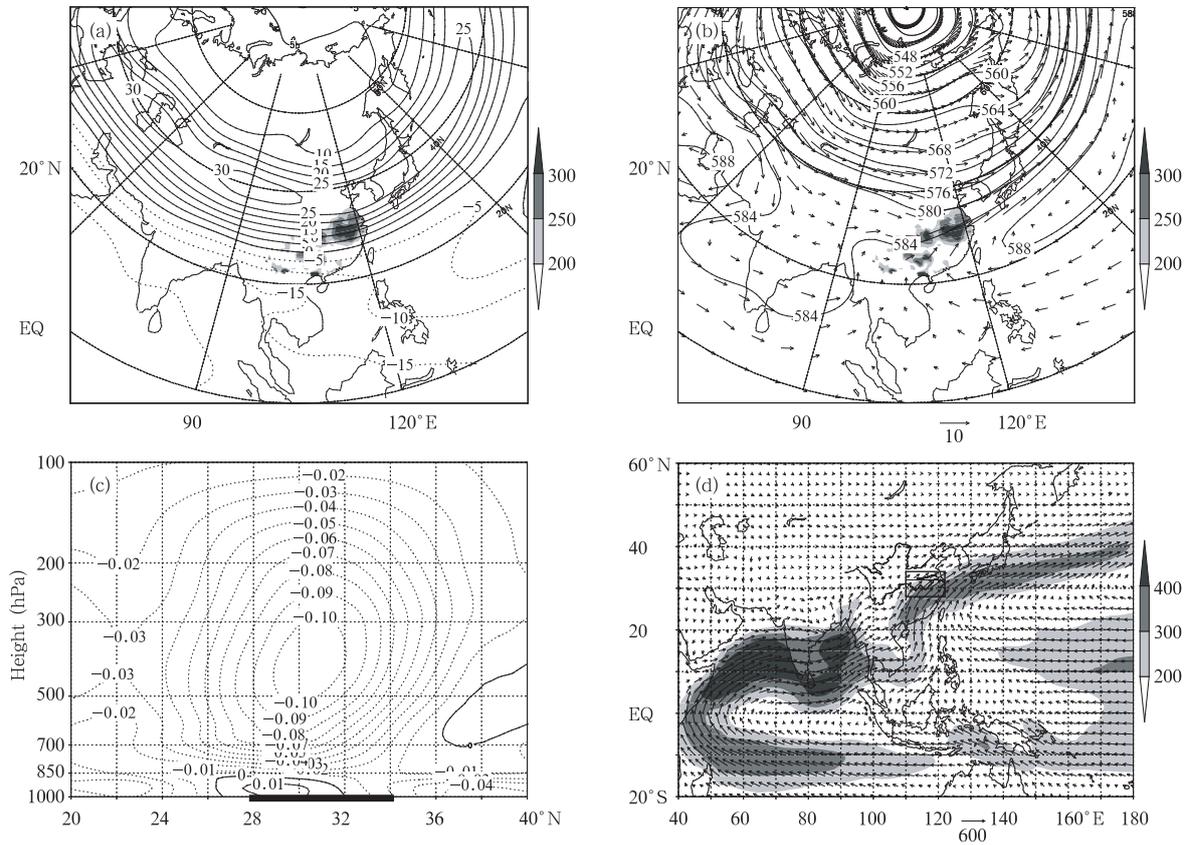


图 4 近 52 年平均的梅雨期环流特征 (a. 200 hPa 纬向风场, 单位: m/s; b. 500 hPa 高度场, 单位: dagpm; c. 垂直速度场, 单位: Pa/s; d. 整层水汽输送; 单位: kg/(m·s); 阴影区为江淮梅雨量, 单位: mm)

Fig. 4 The climatological circulation characteristics during the mei-yu duration for the 52 years;

(a) 200 hPa zonal wind field(m/s); (b) 500 hPa geopotential height field (dagpm); (c) vertical velocity (Pa/s);

(d) vertically integrated water vapor transport vector (kg/(m·s)) (shading, rainfall>200 mm)

区, 丰梅型的西太平洋副热带高压脊线较枯梅型偏西、偏南, 江淮地区正处于脊前暖湿气流通道上, 冷空气和暖湿空气容易在此形成稳定的对峙局面, 导致降水过程持续不断, 大雨、暴雨频繁出现, 而枯梅型的副高偏北、偏东, 脊线位于 23°N 以北。在中高纬地区, 丰梅型雅库茨克高压比气候平均态更强大, 而枯梅年的阻塞高压形势不明显; (4) 丰梅型: 850 hPa 上的江淮切变线较枯梅型明显, 枯梅型的切变线北移至东北和日本海附近(图略); (5) 丰梅年垂直速度在江淮整个地区呈现一致的上升, 而枯梅年则与前者完全相反, 在江淮地区下沉, 而在其以南和以北地区上升; (6) 丰梅年来自西南和东南方向的水汽输送与北方的冷空气交汇于江淮地区, 而枯梅年来自孟加拉湾、南海和西太平洋副高的西南和东南水汽输送均较弱, 未能与冷空气在中国大陆形成交汇区。

而北丰南枯型、南丰北枯型和南北丰中间枯型

3 种类型由于其空间尺度较小(小于再分析资料), 因而需要更小尺度的信息进行分析。但从其梅雨期的大尺度环流特征仍可以看出(图 7—9): (1) 200 hPa 纬向风图上, 南丰北枯型沿梅雨雨带北面的西风急流偏弱、南面的东风急流偏强, 北丰南枯型的急流距平分布恰好与之相反, 南北丰中间枯型沿长江流域西风加强, 而南北两侧的东西风减弱; (2) 500 hPa 位势高度场上, 南丰北枯型在贝加尔湖阻塞高压较强, 东北低槽的尾部伸到江淮南部, 冷空气从贝加尔湖以东沿东北低压后部南下, 到达江淮流域, 而北丰南枯型雅库茨克高压较强, 在贝加尔湖地区是一宽广的低压槽, 在贝湖西面的大槽里不断有冷空气南下, 由于此时副高的位置偏北, 因此雨带的位置位于长江以北地区, 南北丰中间枯型在高纬形成两脊一槽的形势, 中纬度是平直西风环流, 有短波槽向东南移, 可引导北方冷空气南下, 当槽移至江淮地区, 如

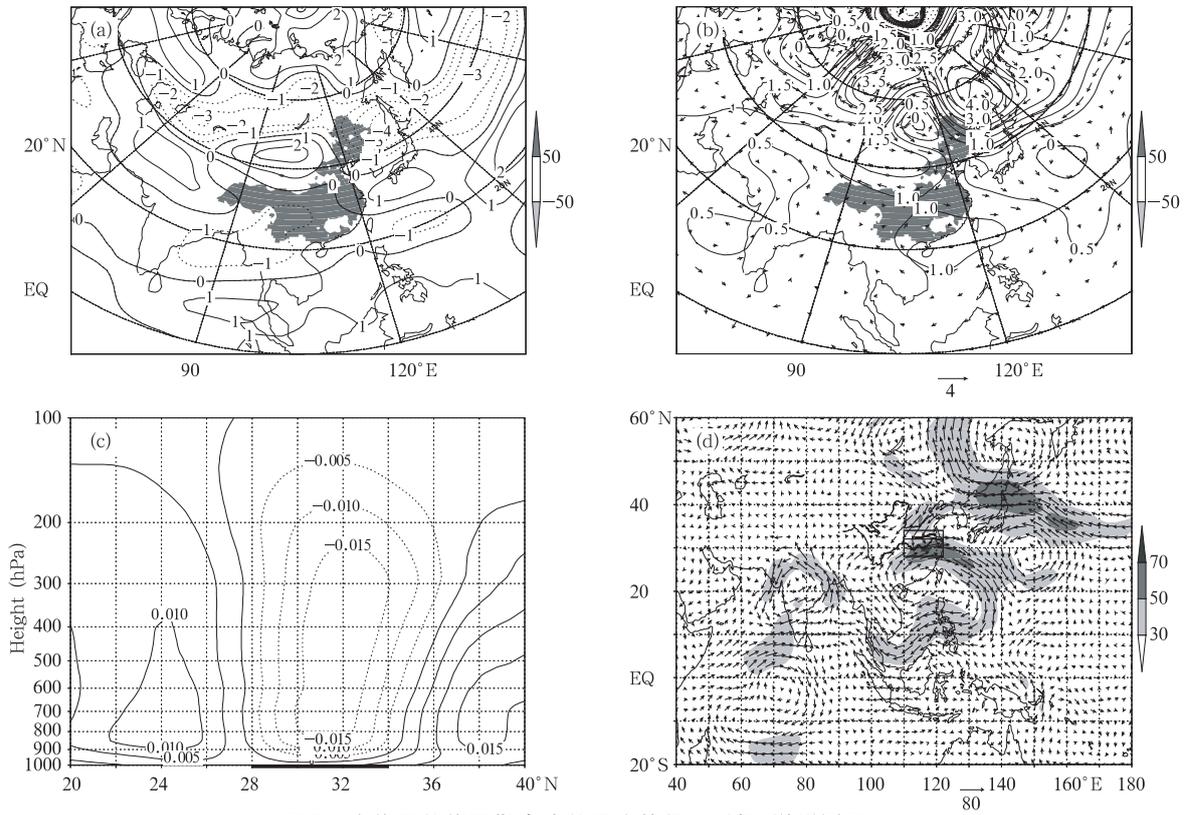


图5 丰梅型的梅雨期合成的环流特征距平场(说明同图4)
 Fig. 5 Anomaly field during the meiyu duration for the rich meiyu pattern between the composite and the 52-year climatologically mean values; the legend of (a)–(d) is the same as that in Fig. 4

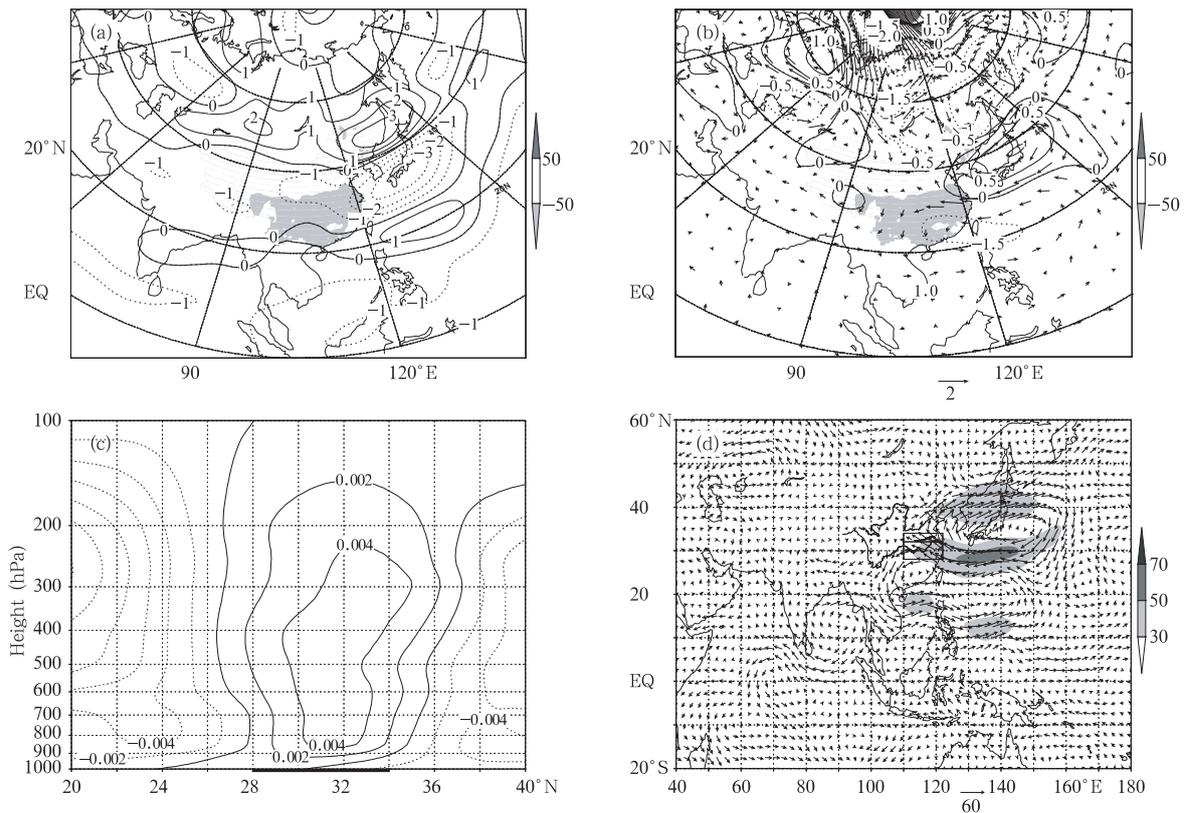


图6 图例说明同图5.但是对枯梅型
 Fig. 6 As in Fig. 5 but for the poor meiyu pattern

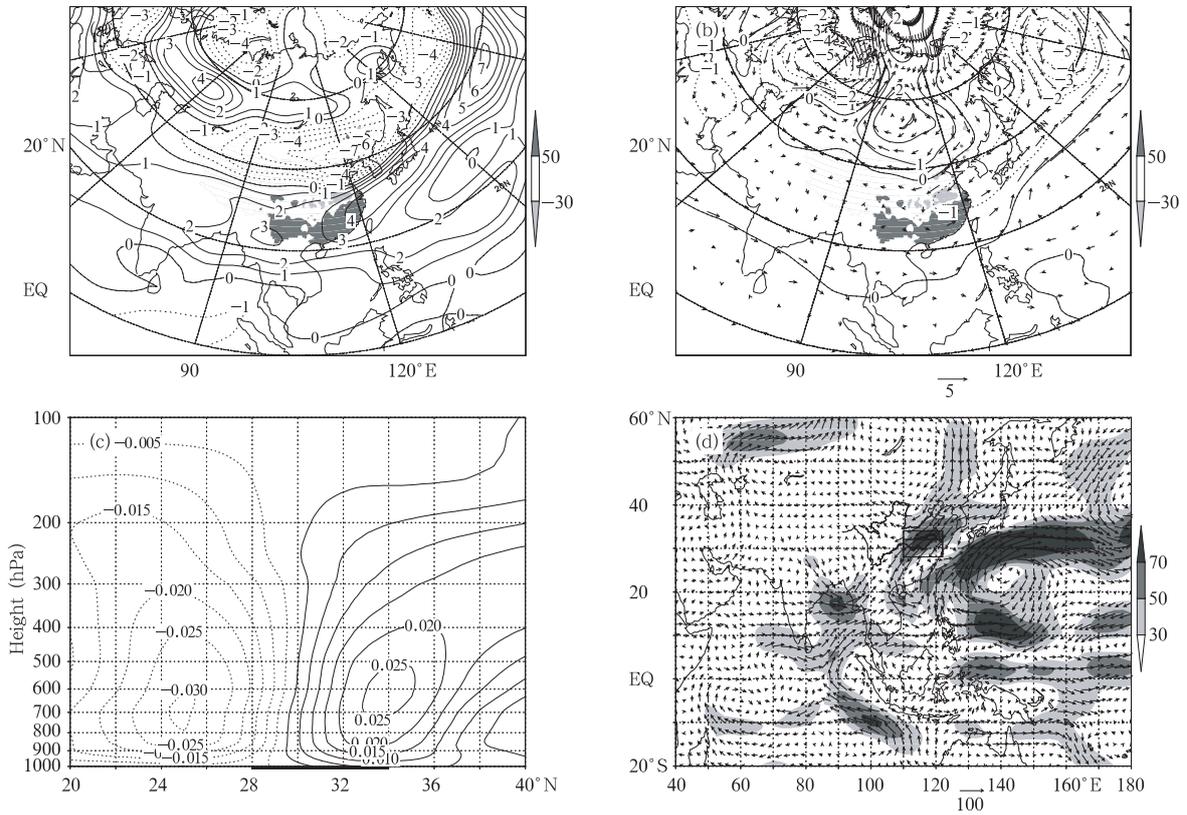


图 7 图例说明同图 5,但是对南丰北枯型
 Fig. 7 As in Fig. 5 but for the rich rainfall in the south and poor in the north pattern

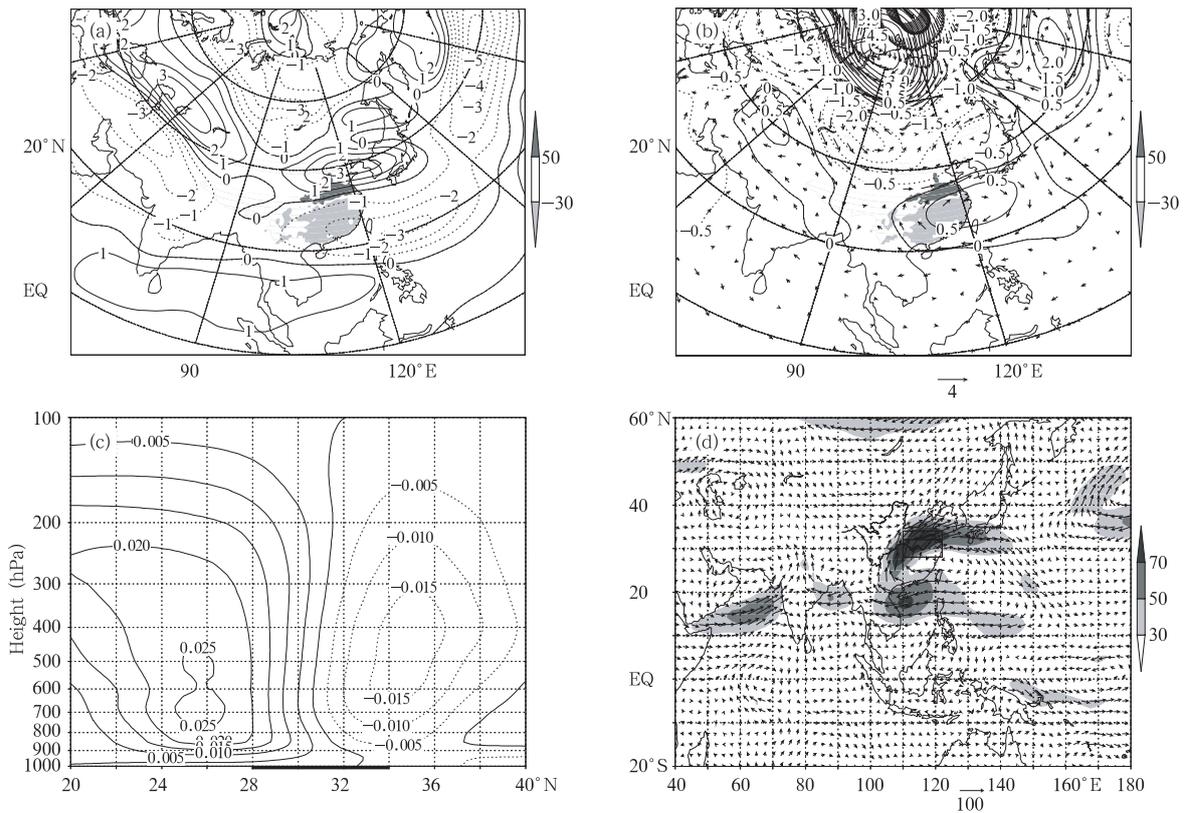


图 8 图例说明同图 5,但是对北丰南枯型
 Fig. 8 As in Fig. 5 but for the rich rainfall in the north and poor in the south pattern

果槽前有明显暖平流,则在槽前减压,形成江淮气旋;
(3) 南丰北枯型垂直速度在长江以南上升、以北下沉,北丰南枯型与之正好相反,南北丰中间枯型在 30°N 处下沉,在其南北两侧上升;(4) 南丰北枯型来自北方的冷空气较强,与来自东南和西南的暖湿气流主要交汇于长江以南地区,而北丰南枯型的东南暖湿

气流较强,与来自北方的冷空气交汇于淮河流域,南北丰中间枯型其北面的雨带主要由贝加尔湖的异常反气旋携带了日本海上的暖湿气流(日本暖流)与短波槽东移引导冷空气交汇形成,而南方的雨带主要是由于孟加拉湾地区异常的西南暖湿气流和日本海上的暖湿气流与短波槽东移引导冷空气交汇形成。

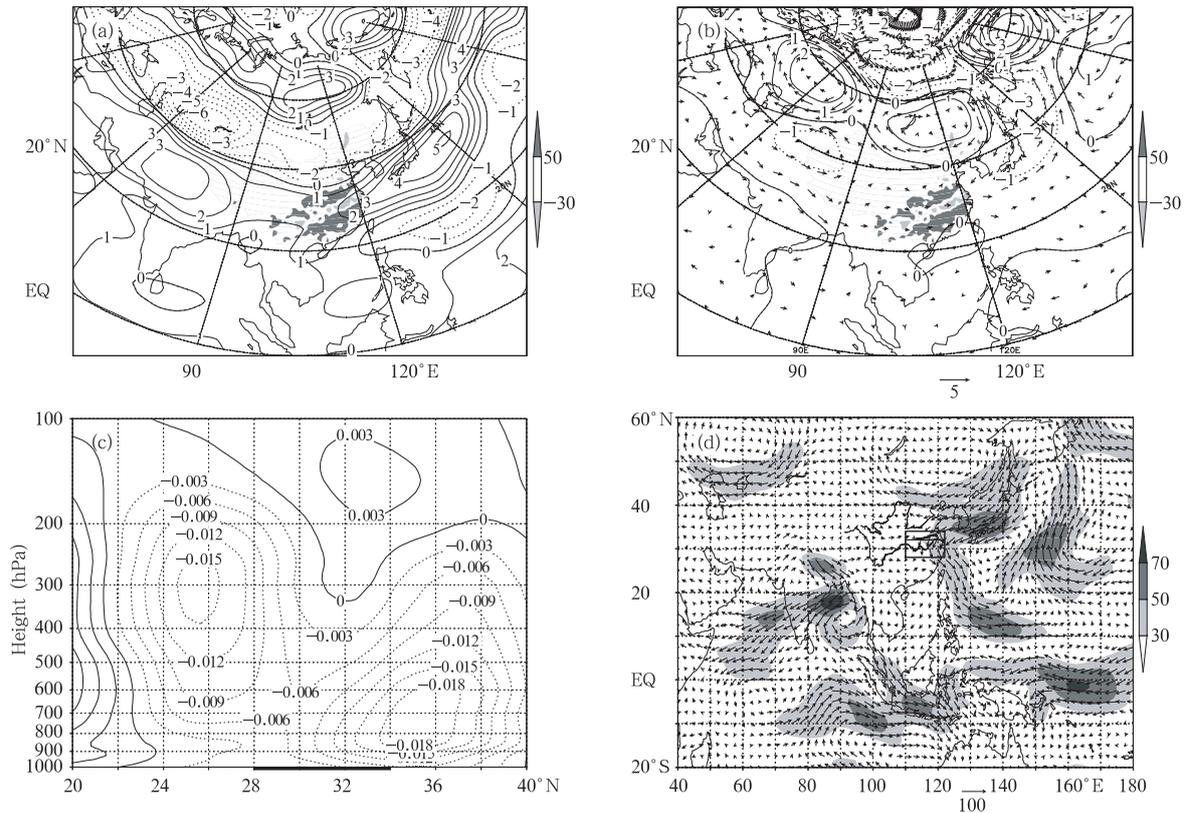


图9 图例说明同图5,但是对南北丰中间枯型

Fig. 9 As in Fig. 5 but for the rich precipitation in the south and north and poor in the middle pattern

5 结论和讨论

采用1954—2005年江淮梅雨期间的逐日降水资料,利用REOF法找出江淮梅雨的主要模态,分析其优势降水型,在此基础上结合系统聚类方法对江淮地区的逐年梅雨期降水进行客观划分,根据其降水特点对分型进行合并、归类,进而对不同雨带分布型的梅雨参数特征和大气环流背景进行对比和分析。主要结论如下:

(1) REOF分析得到江淮梅雨具有4种优势降水型——江淮型、江南型、淮河型和两湖型。各梅雨型的时间序列表现出不同的变化特征,近52年中淮河型梅雨出现的概率最大(达23.1%),其他3种雨型出现的概率相当。最大熵谱法分析得到它们都存

在着6—7年和准20年的周期振荡,其中两湖型还存在2—3年短周期。20世纪90年代以后江南梅雨型减少、而淮河梅雨型增加。

(2) 采用系统聚类法对江淮梅雨期逐年降水场进行客观分型,得到江淮梅雨分为全流域丰梅型、全流域枯梅型、南丰北枯型、北丰南枯型和南北丰中间枯型,分别占年总数的15.4%、40.4%、15.4%、19.2%和9.6%。

丰梅型具有入梅早、出梅晚、梅雨期长、梅雨量大和梅雨强的特点,而枯梅型正好与之相反。雨带型中,以南北丰中间枯型入梅早,北丰南枯型入梅晚,南丰北枯型出梅最早,这些都是与雨带的地理位置相对应的。南丰北枯型梅雨期较北枯南丰型要长,但梅雨量和梅雨强度却小于北枯南丰型,这说明

位于北部的雨带其降水强度强于南部。

江淮地区的梅雨型具有明显的年代际变化,20 世纪 70 年代初期以前主要以枯梅型和北丰南枯型为主,70 年代初—90 年代初对应枯梅型,90 年代主要对应丰梅型和南丰北枯型,而 2000 年以后以枯梅型和北丰南枯型为主。近 52 年中 60 年代梅雨期最短、梅雨量最小、梅雨强度最弱,90 年代梅雨期最长、梅雨量最多、梅雨强度最强。

(3) 5 种梅雨降水型的大气环流形势存在显著差异,尤其在南亚高压位置、高空东、西风急流、副热带高压和阻塞高压的位置及维持、垂直速度、季风气流的水汽输送 6 个方面的配置截然不同。

值得指出的是,江淮梅雨虽然是一种局地的气候现象,但影响各种梅雨降水型的大气环流特征完全不同,本文从大尺度特征的角度进行了初步分析,由于选取的 NCAR/NCEP 再分析资料的分辨率不高,更具体深入的分析还应采用高分辨率的资料进行验证和研究。另外,由于大气环流异常是影响梅雨雨带分布的内部原因,今后可考虑从统计分析和数值敏感性试验两方面加强海温、海冰、雪盖和地形等外强迫因子对江淮梅雨分布型的影响,为梅汛期雨型的预报预测提供可参考的依据。

致谢:感谢杨义文研究员和两位评审专家的宝贵意见及建议!

参考文献

- 陈谋国. 1997. 统计天气预报原理和方法. 南京:解放军理工大学气象学院,182pp
- 丁一汇,柳俊杰,孙颖等. 2007. 东亚梅雨系统的天气—气候学研究. 大气科学,31(6):1082-1101
- 高辉. 2006. 淮河夏季降水与赤道东太平洋海温对应关系的年代际变化. 应用气象学报,17(1):1-9
- 胡娟,王谦谦. 2004. 我国江淮地区 5—7 月降水异常的区域特征. 南京气象学院学报,27(4):495-501
- 胡娅敏,丁一汇,廖菲. 2008. 江淮地区梅雨的新定义及其气候特征. 大气科学,32(1):101-112
- 胡娅敏,丁一汇. 2009. 近 6 年江淮梅雨带北移的可能成因分析. 气象,35(12):37-43
- 廖荃荃,王永光. 1998. 赤道平流层 QBO 与我国 7 月雨型的关联. 应用气象学报,9(1):104-108
- 吕君宁,徐景芳. 1990. 近 30 年长江中下游地区梅雨降水的气候分析. 南京气象学院学报,13(2):229-237
- 钱永甫,王谦谦,黄丹青. 2007. 江淮流域的旱涝研究. 大气科学,31(6):1279-1289
- 孙林海,赵振国,许力等. 2005. 中国东部季风区夏季雨型的划分及其环流成因分析. 应用气象学报,16(增刊):56-62
- 陶诗言,朱文妹,赵卫. 1988. 论梅雨的年际变化. 大气科学,12(特刊):2-13

- 陶祖钰,胡爱学. 1994. 1991 年梅雨期阻塞高压的维持和瞬变扰动. 气象学报,52(2):231-234
- 王建新,龚仰利,施能. 1994. 我国梅雨降水的气候分布、客观分型及周期振荡特征. 气象科学,14(1):46-52
- 王亚非,山崎信雄. 2000. 初夏热带西太平洋对流云团周期性西北传播与梅雨带的变动. 气象学报,58(6):692-703
- 魏凤英. 1999. 现代气候统计诊断与预测技术. 北京:气象出版社,128pp
- 魏凤英,张京江. 2004. 1885—2000 年长江中下游梅雨特征量的统计分析. 应用气象学报,15(3):313-321
- 魏凤英,宋巧云. 2005. 全球海表温度年代际尺度的空间分布及其对长江中下游梅雨的影响. 气象学报,63(4):477-484
- 吴志伟,江志红,何金海. 2006. 近 50 年华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季旱涝特征对比分析. 大气科学,30(3):391-401
- 徐群. 1965. 近八十年长江中、下游的梅雨. 气象学报,35(4):507-518
- 徐群,杨义文,杨秋明. 2001. 近 116 年长江中下游的梅雨(一). 暴雨·灾害,11:44-53
- 徐群. 2007. 121 年梅雨演变中的近期强年代际变化. 水科学进展,18(3):327-335
- 严华生,杨素雨,胡娟等. 2006. 前期中高纬大气环流异常与我国汛期雨带类型关系的研究. 大气科学,30(2):285-292
- 杨义文,徐群,杨秋明. 2001. 近 116 年长江中下游的梅雨(二). 暴雨·灾害,11:54-61
- 杨义文. 2001. 7 月份两种东亚阻塞形势对中国主要雨带位置的不同影响. 气象学报,59(6):759-767
- 杨义文. 2002. 长江中下游梅雨与中国夏季旱涝分布. 气象,28(11):11-16
- 于淑秋,林学椿. 2006. 两类江淮大水的大气环流特征. 气象学报,64(5):605-613
- 张顺利,陶诗言. 2002. 青藏高原对 1998 年长江流域天气异常的影响. 气象学报,60(4):442-452
- 郑永光,陈炯,葛国庆等. 2007. 梅雨锋的典型结构、多样性和多尺度特征. 气象学报,65(5):760-772
- 朱乾根,林锦瑞,寿绍文等. 1992. 天气学原理和方法. 北京:气象出版社,226-271
- 竺英莛,何金海,吴志伟. 2007. 江淮梅雨期降水经向非均匀分布及异常年特征分析. 科学通报,52(8):951-957
- 宗海锋,张庆云,彭京备. 2005. 长江流域梅雨的多尺度特征及其与全球海温的关系. 气候与环境研究,10(1):101-114
- 宗海锋,张庆云,陈烈庭. 2006. 梅雨期中国东部降水的时空变化及其与大气环流、海温的关系. 大气科学,30(6):1189-1197
- Chen G T J. 2004. Research on the phenomena of meiyu during the past quarter century: an overview//Chang C P. The East Asian Monsoon. Singapore, 560pp
- Ding Y H, Chan J C L. 2005. The east summer monsoon: An overview. Meteor Atmos Phys, 89: 117-142
- Harrison M S J. 1984. A generalized classification of South African summer rain-bearing synoptic systems. J Climate, 4: 547-560
- Ninomiya K, Akiyama T. 1992. Multi-scale features of Baiu, the summer monsoon over Japan and the East Asia. J Meteor Soc Japan, 70(1): 467-495
- Ninomiya K, Nishimura T, Ohfuchi W, et al. 2002. Features of the Baiu front simulated in an AGCM(T42L52). J Meteor Soc Japan, 80: 697-716