

我国降水场的谐波分析*

王庭梧 何震亚 吴聆益

(河南省科学院地理研究所, 郑州)

关键词 降水场 谐波分析

内 容 提 要

本文对我国近200个站点1956~1980年的月平均雨量进行了谐波分析, 揭露了前三波相对方差初相的地理分布特征及其与大气环流的某些联系。这一方法有助于定量地分析降水的季节变化特征。

降水的季节分配不但与工农业生产有密切关系, 而且对气候、水文等自然地理问题的研究有着重要的意义。过去在降水季节分配特点的研究中, 往往是对一般的气候统计结果进行定性的描述, 而不能对降水的季节变化特点进行定量分析。因而难以揭示降水季节变化的原因和降水的年变规律。

谐波分析方法适于研究降水的季节变化。该方法认为: 任一曲线都可以看作是一系列正弦波迭加的结果。因此, 将降水的年变化曲线分解成若干条曲线, 并分别研究曲线的特征, 从而清楚地说明影响降水的诸因素。

一、分析方法

我们知道, 任一降水的年变化曲线都可以展开成福氏级数, 即:

$$\hat{R}_t = a_0 + \sum_{K=1}^P \left(a_K \cos \frac{2\pi K}{T} t + b_K \sin \frac{2\pi K}{T} t \right) \quad (1)$$

也可以表示成如下形式:

$$\hat{R}_t = a_0 + \sum_{K=1}^P C_K \cos \left[\frac{2\pi K}{T} (t - t_{0K}) \right] \quad (2)$$

式中, T 为基波周期, K 为谐波序号, t 表示各月的序号 (以 0 表示 1 月中, 1 表示 2 月中, ……余类推), a_K 、 b_K 为谐波系数, 可由下面公式确定:

$$a_K = \frac{2}{T} \sum_{t=0}^{T-1} R_t \cos \frac{2\pi K}{T} t \quad (3)$$

$$b_K = \frac{2}{T} \sum_{t=0}^{T-1} R_t \sin \frac{2\pi K}{T} t \quad (4)$$

由谐波系数可得出各波的振幅 C_K 和初相月值 t_{0K}

$$C_K = (a_K^2 + b_K^2)^{1/2} \quad (5)$$

* 石明郑同志参加了部分工作。

$$t_{0K} = \frac{T}{2\pi K} \operatorname{tg}^{-1} \frac{b_K}{a_K} \quad (6)$$

振幅 C_K 是曲线在纵座标上的位置变化,表示各拟合曲线的变化幅度,初相月值 t_{0K} 表示曲线在横座标上的位移,反映波峰出现的时间。这样有利于分析雨季的起始期、结束期、降水的集中期及雨带的移动。

此外,以各波方差占总方差的百分比作为衡量各波重要性的度量。经差异的显著性检验,各波的相对方差以及初相值具有25~30年以上的资料,就已相当稳定。因此,本文选用我国具有25年等长记录(1956~1980)的近200个台站,对其降水的年变曲线进行了谐波分析。

为了验证谐波分析方法的可靠程度,首先选取了广州、上海、武汉、郑州、北京、长春等不同类型的站点,分别对其1—3波进行了分析比较,作出相应的谐波曲线和前三波迭加的拟合曲线。各地的拟合曲线分别和该地多年平均年降水曲线基本吻合(图1),其中广州5月、8月和上海6月、9月的双峰值,郑州4月的小高峰,均有所反映。

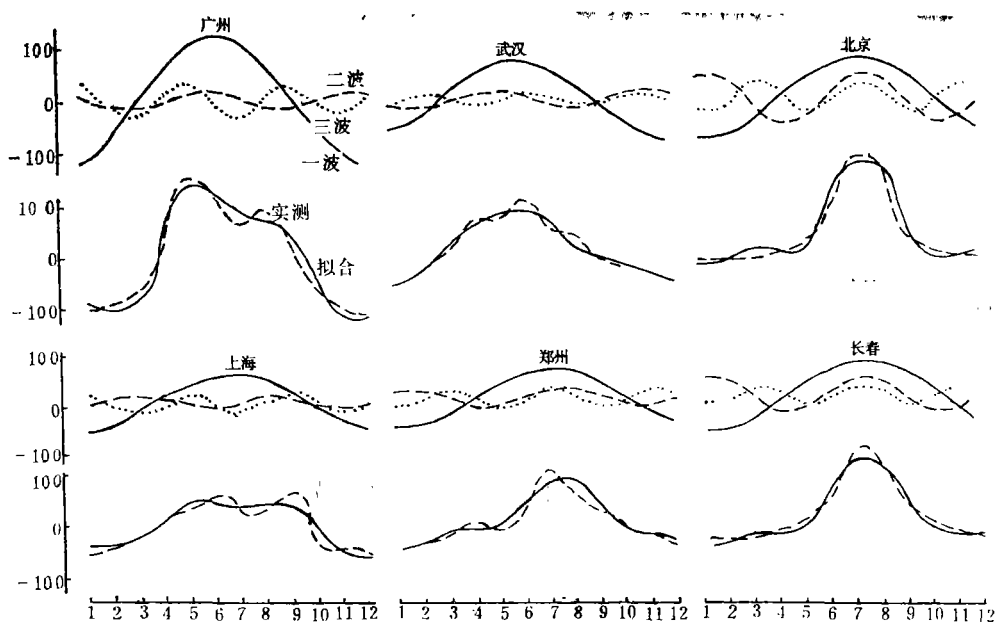


图1 部分台站的谐波曲线(距平值)及各站降水拟合曲线和实测曲线(毫米)的比较

Fig. 1 A comparison of the curves calculated and observed (deviation) and first three harmonics of monthly mean precipitation of some stations (mm)

其次我们发现,全国各地前三波的相对方差总和大都占总方差的90%以上,其中东北的大小兴安岭和南部云贵高原可达99%左右。

由此可见,用谐波分析方法分析我国各地降水分布规律是可行的,利用前三波分析,能反映降水季节性变化的基本特征。

二、前三波的谐波特征

1. 一波：一波表现了降水的年周期。图 2 显示了相对方差的地理分布特征：它有三个相对方差在 90% 以上的高值区和一个 70% 以下的低值中心。高值区中，其一是以长江中游向北向西延伸到秦岭山地，直至川西北和青海东南部；其二是云贵高原东侧及左江、右江的两江流域；其三是南海沿岸。低值中心大致在黄河下游及海河平原。

总之，全国各地一波的相对方差均在 60% 以上，其中大都为 70% 以上，与美国东北部的降水谐波特征比较，有较大的差异^[1]。这与我国降水属典型的季风雨型，且大都集中于夏季有关。由于在长江中，下游地区，春末夏初高空为南北两支西风急流的辐合地带，高空槽线和切变线活动频繁^[2]；云贵高原东侧是夏季湿热孟加拉湾来的西南季风与西太平洋副高前端西南气流的辐合区；南海沿岸 5、6 月间又是广东地区的前汛期，多暴雨。所以这些地区年变化特征相当明显，形成高值区。而黄淮海平原地区中、北部西南季风影响的机会较少，东南季风又迟到早退，雨季甚短，因而形成一波相对方差的低值中心。

从一般情况看来，黄淮平原夏季雨水集中，似应是一波相对方差的高值区，但却为低值区，因为这里一波的相对方差虽都在 70% 左右，但二波、三波的相对方差分别为 20% 及 10%，而三波的初相均为 7 月底。所以这里 7、8 月间雨量的集中是因为三波迭加的结果，并非一波的波峰特高所造成的。

图 3 表示一波的初相月值（月值已折算成实际月值，以下同），它大致从东南向西北推迟。最早在武夷山区西北侧至长江两湖平原以南，5 月中旬就出现波峰。因为此时的夏季风已开始在我国东南沿海登陆及高空南支西风急流稳定在江南丘陵一带的缘故^[3]。6 月上、中旬等值线向西、北、南扩至长江中游的南岸及云贵高原到南海沿岸。7 月上、中旬北跃到黄河下游，7 月中、下旬直抵东北平原北部，几乎控制我国除东南

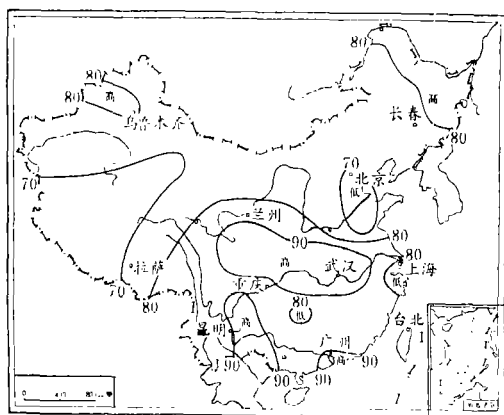


图 2 一波的相对方差

Fig. 2 Percent of total variance accounted for by the first harmonic

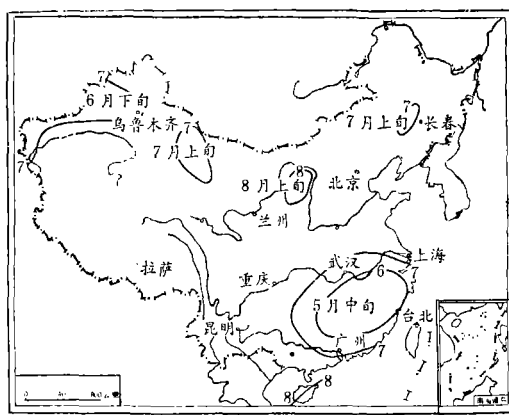


图 3 一波的初相

Fig. 3 Phase angle of the first harmonic

以外的大部地区。这些特点和我国夏季风及雨带北移的路径均相吻合。此外，海南岛初相在 8 月上、中旬，显然是台风雨所起的作用。

一波的振幅在某种意义上表示最多月与最少月降水量的差异程度，为便于相互比较，我们采用振幅与年雨量的比值 $u = C_1 / R_{\text{年}}$ ，表示其相对差异程度。 u 值小反映降水年变曲线平缓，各月降水差异较小，海洋性气流影响明显； u 值大反映曲线的高峰突出，降水集中期特别显著，海洋性气流的影响减弱，更多地表现了大陆性气候的特征。

由图 4 可以看出，在我国东南部， u 值较小，一般在 0.08 以下，向西向北 u 值逐渐增大。然而在西北的新疆，出现了相反的特征，其递增的方向为西北至东南。我们从等 u 线的趋向还可以看出：0.100 等值线，沿长白山、辽东半岛，再沿黄河下游干道，到山陕高原南部，越祁连山北麓、甘孜、向南直到西藏东南隅，基本和我我国湿润区及半湿润半干旱区的界线相合。线南海洋性气流影响经常，全年降水比较均匀，为湿润区；线北则一年中海洋性气流影响时间较短，冬春干旱明显，为半湿润半干旱区。另外 u 值为 0.115 的高值线，自吉林泰到海流图一线，虽向东北侧缺乏资料而未能正确延伸，但其基本上和半湿润半干旱区与干旱区的界线相合，线以北海洋性气流的影响极少，年雨量都在 400 毫米以下，降水以夏季的对流雨为主，是干旱区。至于新疆地区，因受西北气流输送水份的影响，尤以冬半年为主，其中天山北坡影响更大，所以 u 值较小。但是，除山区以外的大部地区，因全年雨量很小，虽然降水的高峰值不甚显著，仍应属于干旱区。

至于东北西部地区，因我国夏季极锋只北移到北纬 40° 附近，这里常年在蒙古高压控制下，东面有大小兴安岭的阻挡，从海上入侵的西伯利亚气候，很少影响到此。春夏间贝加尔湖低压向南移动，在本区引起的气流辐合，只能在东北东部，带来雨雪，在嫩江西岸及其以南地区，引起强风和风沙。所以蒙古高原东缘，嫩江西岸到辽宁省西北部地区，年雨量都在 400 毫米以下，比较干旱，大陆性气候特性明显^[4]，有些地区还出现沙漠。这和 u 值 0.120 的闭合等值线所给的范围，正相符合。

2. 二波：二波表现了降水的半年周期，其相对方差比一波小得多（见图 5），一

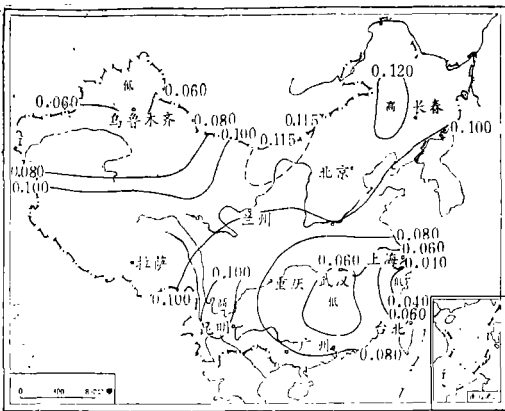


图 4 一波振幅与年雨量的比值
Fig. 4 The ratio of the amplitude of the first harmonic to the annual precipitation

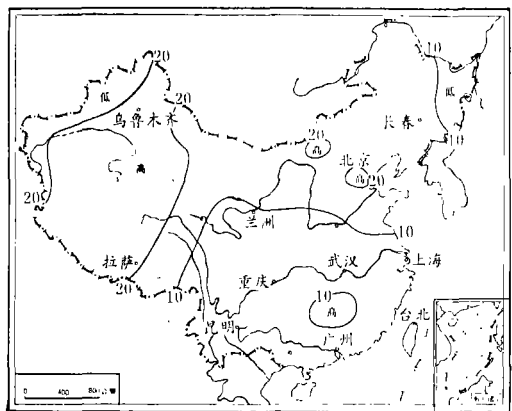


图 5 二波的相对方差
Fig. 5 Percent of total variance accounted for by the second harmonic

般只有 10% 左右。在华北平原至河套地区，内蒙大部 and 东北平原，以及新疆和青藏高原，相对方差可达 15~20%。而在长江中、下游两岸以及川西、北至秦岭山地，其值不足 5%。此外，在南海沿岸也不足 5%。可见我国南方地区受半年周期因素的影响较小，而北方则影响较大。

在不足 5% 的区域内，西南地区出现了一些特殊情况。这里由于山高谷深，地形复杂，季节性气流的活动，往往受地形的影响而沿河谷前进，造成降水的有利条件，增加了二波的方差贡献，所以又出现了一些高值地点，如成都、遵义、贵阳分别为 14.3%、9.3%、9.6%。气流沿河谷前进时，又受地形抬高的影响而降水。所以谷地中相对方差，上游常大于下游。如金沙江谷地中托托河为 20.5%，曲麻来为 10.6%，大理为 14.0%，会理为 9.6%，宜宾为 9.0%；红河谷地中楚雄为 10.0%，蒙自为 8.2%，澜沧江谷地中玉树为 8.8%，昌都为 10.5%，临沧为 7.7%，澜沧为 8.0% 等。这是我国西南部夏季降水来自西南季风水汽输送的证据。

二波的峰值（图 6），长江以南出现于 5、6 月份（11、12 月），以北地区大都在 7、8 月份（1、2 月）。可以看出南方雨季的起始期较早，结束期较晚，而北方则相反。至于西南的川、滇及贵州一带，因西南季风每年 6 月力量加强。冬季又因南支西风气流在阿拉干山东面，出现气旋性转向而形成低槽，所以二波的峰值出现于 6、7 月（12、1 月）。

6 月以前，极锋位置还在江淮以南，长江以北仍处在蒙古高压的范围内，降水偏少。6 月以后，大陆低气压发展，盛行气流偏南，亚热带太平洋气团可以直接到达我国北方的东部平原，且含湿量增加，一遇西北方或北方的冷气流侵入，即形成降水，直到 9 月间亚热带太平洋气团衰退，蒙古高压又控制这里，才出现了晴朗干燥的秋高气爽天气。冬季本区又位于蒙古高压控制区的东南部，每隔三五天，极地大陆气团向东伸展，即有冷锋过境，有时带来降雪天气^[4]。所以我国北方的东部平原地区，二波峰值鼎盛于 1、7 月。

3. 三波：三波以四个月为周期，其相对方差多在 5% 以下，唯有黄河下游平原地区为 10% 左右（图 7）。其初相月值，在长江中、下游南岸至华南地区基本为 1、5、9 月，黄淮海平原及东北平原为 3、7、11 月，河套、内蒙大部为 4、8、12 月（见图 8）。西藏的东南部雅鲁藏布江谷地，三波的初相出现于 6 月，这时西南季风活动加强，到 7 月除向藏北扩大影响外，更向东扩展到横断山谷地及云贵高原地区；8 月间，其余力所及能到达河套地区的上空，此时正和北支西风急流交会，多出现低涡，形成河套地区 8 月多雨。东南季风 5 月已盛行于江南，6、7 月间只在江淮间有很少扩展，7 月以后，才很快北进，席卷了整个华北和东北平原。这种形势从图 8 中可见其梗概。

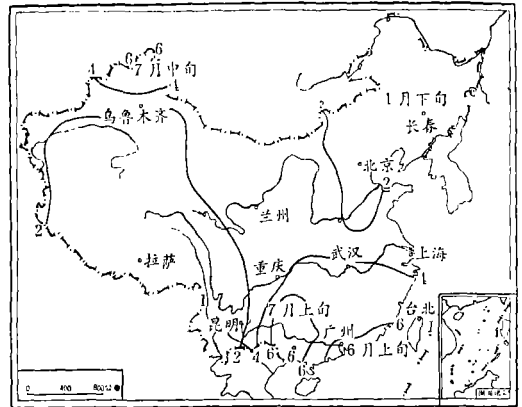


图 6 二波的初相，

Fig. 6 Phase angle of the second harmonic

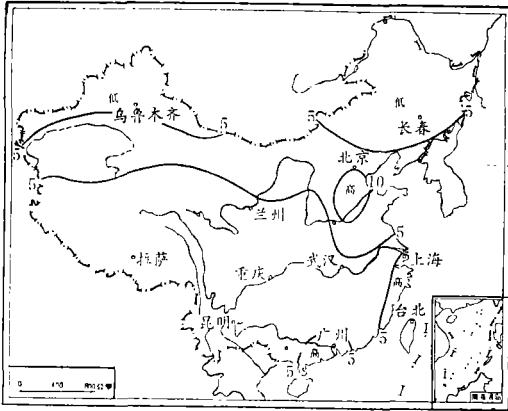


图 7 三波的相对方差
Fig. 7 Percent of total variance accounted for by the third harmonic

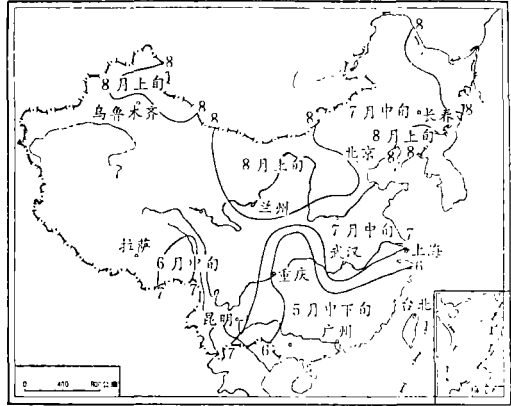


图 8 三波的初相
Fig. 8 Phase angle of the third harmonic

三、几点说明

综合前三波的结果，值得注意的是：（1）黄淮海平原地区，前三波初相均为 7 月底，其相对方差三波迭加的结果，致使 7 月下旬至 8 月上旬雨量特别集中。因为此时平均极锋稳定在黄河北岸，受夏季风影响雨季短而强大，在 6 月中旬至 9 月上旬集中了全年雨量的 70% 左右，是这里多旱涝灾害的一个原因。（2）东北平原地区前三波的初相值与黄淮平原地区颇相似，因此这里 8 月上旬前后，雨量也特别集中。（3）黄河流域一般在 7 月下旬至 8 月上旬前后，尤其是河套地区 8 月上旬前后，集中了较多的雨量，这是黄河洪峰多出现于 7、8 月间的原因。而长江流域的情况比较复杂，大致是中游早，上、下游晚。上游金沙江、丽江一带为 8 月上旬前后，宜宾、重庆及宜昌一带为 7 月前后，中游两湖平原约在 5~6 月，下游江浙及安徽一带为 6 月下旬至 7 月上旬前后。流域中雨季分散在 5、6、7、8 四个月之间，各河段丰歉相补，洪峰期延长，水量丰富而平稳，这是长江比黄河优越的一个方面。

总之，把谐波分析方法应用于气候学有关降水方面的研究，不但能提高分析的精确性，又可以揭示许多对气候的影响因素，是气候学研究有效的方法之一。

参 考 文 献

- [1] Cynthia M.S. and Mark D.S.: An areal and temporal analysis of precipitation in the northeastern United States, *J. Appl. Meteor.* V.18, 1978, p.627~633.
- [2] 中央气象局：中国高空气候，科学出版社，1975。
- [3] 段月薇、许孟英：我国东部地区的雨季起讫，*地理集刊*，第11号，1979。
- [4] 中国科学院自然区划工作委员会：中国气候区划（初稿），科学出版社，1959。

A HARMONIC ANALYSIS OF THE PRECIPITATION FIELD IN CHINA

Wang Tingwu He Zhenya Wu Lingyi

(*Henan Institute of Geography, Zhengzhou*)

Key words Precipitation field; Harmonic analysis

ABSTRACT

Using the data of mean monthly precipitation for 1959—1980 close to 200 stations, a harmonic analysis of the precipitation field in China has been made. The characteristics of geographical distribution of relative variance and phase angles of the first three waves and some relationships between these characteristics and general circulation are studied. This analysis is helpful to describe seasonal variation of the precipitation quantitatively.