

月亮轨道周期与世界著名河流的洪水

薛凡炳

(大气科学系)

摘 要

利用月亮轨道周期和地球轨道周期的准公倍数(即天文气候周期系),借助68至95年前期洪水历史资料,推算后期10年以上逐年洪水变化。求出外推值距平和实测洪水值距平的相关系数。8条有较长序列记录的著名河流中,7条的洪水和天文气候周期系有关,其中6条相关显著度超过92%,内中又有5条相关系数大于0.5。这表明月亮轨道周期运动,对一些地区的气候和水文变化过程是不可忽视的外部因素。

关键词 月亮轨道周期,大洪水,河流

1 天文气候周期系

人们早就注意到某些地区降水变化和月亮轨道周期(尤其是半月周期)有某种统计上的相关,但由于月地关系机制不十分清楚,以及气候系统的自振,太阳活动等的综合影响,使月亮周期和降水量变化之间的关系难于辨认。

作者^[1]曾从理论上探索过月亮轨道运动以及太阳活动对天气过程的可能影响机制,并导出了所谓天文气候周期系。据文^[1]的观点,对流层大气月亮潮汐和大气温度日变化两者混频,使基本气流速度有半月周期的微弱变化。通过长时间的累积,这种微弱气流对大气中天气尺度或中小尺度波动的位相有一定的影响,从而改变天气波群的结构,影响大气中降水量的变化。同时,如果太阳辐照度在约11年中有0.1%左右的变化,就足以影响天气波群的位相组合。

对气候和天气过程而言,可能有影响的月亮轨道周期,主要有半朔望月周期($\frac{1}{2} \times 29.5306$ 日,即夏历半月),半近点移动周期($\frac{1}{2} \times 8.85$ 年),和月轨交点周期(18.61年)。按文^[1]中的推导,由于大气运动的非线性和气候的季节变化,上述天文

本文1987年7月收到

周期和一年周期的混频波也将出现在大气中,因而上述3个天文周期又派生出一系列周期,如半朔望月周期可派生出半回归月周期(13.66日)等若干周期。众多的派生周期和原文周期存在着准公倍数,如19年就是半朔望月、半回归月和一年的公倍数。所有的这种准公倍数称为天文气候周期系。根据文[1]的计算,将上述三个天文周期对应的天文气候周期系列于表1。

表1 月亮轨道周期与天文气候周期系

Tab. 1 Orbital periods of the Moon and the astro-climatic periods

天文周期	天文气候周期系(年)
半朔望月 (14.7653日)	19(38, 57, 76), 91, 72, 53, 34, 42, 23, 61, 49, 15(30), 80, 87
月轨交周 (18.61年)	19, 37, 56, 93, 18
月轨近点半周 (4.425年)	31(62, 93), 53, 35, 22(44), 13

由于天文气候周期本身就是天文周期与一年的准公倍数,故它们具有一种相对的独立性。即不管文献[1]关于月地关系机制的观点是否精确,它们本身就具有物理意义。

表1中所列的天文气候周期,有一些是重复的,如53年、19年、93年都是两个天文周期和十年的双重准公倍数。此外地球自转速率[2]有约60年、30年、89年等长期变化,因而半朔望月天文周期中,61年、30年、87年同时也反映了地球自转速率的变化。38年和18.61年的两倍37.22年接近,也可近似地看成双重准公倍数。这些周期与太阳活动的平均周期11.1年不成倍数,可认为和太阳活动无关。我们将这些周期称为地球自转-月亮周期系,以M为其标志,列于表2的第3行。

表1中有些周期是太阳活动平均周期11.1年的近似倍数,实际上除了地月系的周期外,表1中大多数周期都是11.1年的近似倍数,但只选择其中近似程度较好者。从半朔望月天文气候周期系中选出34、42、23、91、76、57年作为太阳-朔望周期系。将月轨交点周期和月轨近点半周相应的天文气候周期中,选出与11.1年的倍数相近者组成太阳-交近系。即56、35、22、44、13年。

表1中月轨交周和近点半周对应的天文气候周期,有些很难分开,如31、62年是93年的分数。更重要的是它们都是月轨长周期变化引起的,和半朔望月这种短周期相隔很远。把两系中较精确的准公倍数放在一起,组成交近系。而把半朔望月引起的天文气候周期,称为朔望系。表2列举3上述5系中的周期。

朔望周期系反映月轨短周期(半月)变化的影响,但57、76、91年是11.1年的约5、7、8倍,不能排除太阳活动的影响;若太阳活动的影响很大,则太阳-朔望系应该更好地反映出来。同理,交近系反映月轨长周期(4.45年和18.61年)变化的影响,但56年近于11.1年的5倍,太阳活动也有影响,虽不及朔望系中明显;如果太阳活动影响很大,则太阳交近系会更好地反映出来。地月系反映月亮轨道的短周期和长期变化,

以及地球自转速率的长期变化的影响, 和太阳活动的影响几乎无关。

表2 重新划分的天文气候周期系
Tab. 2. The redivided Astro-climatic periods

名称	标志	周期(年)
朔望系	E	19,38,57,76,91,53
交近系	PD	37,56,93,53,62,31
地月系	M	19,38,53,61,30,87,93
太阳-朔望系	ZS	34,42,23,91,76,57
太阳-交近系	PDS	56,35,44,22,13

2 世界著名河流的洪水资料

全球河流有长序列水位或流量连续记录者甚少。本文采用的资料来源有三:

表3 八条河流洪水天文气候周期外推值与实测值的相关
Tab.3 The relationship between observed value and estimated value of yearly flood for 8 rivers (after Astro-climatic periods)

河流	测站	集水面积 $10^4(\text{km}^2)$	项目	年代	计算 年数	外推 年数	主要相关		对照 相关系数
							相关系数	显著度%	
长江	武汉 (中国)	149	年最高 水位	1865— 1981	95	22	$R_M = 0.63$ $R_Z = 0.51$	$\frac{99.9}{99}$	$R_{PD} = 0.27$ $R_{ZS} = -0.14$
尼罗河	开罗 (埃及)	278	年总 流量	1869— 1954	76	10	$R_M = 0.53$	92	$R_Z = 0.21$ $R_{ZS} = -0.062$
泰晤士河	Teddington (英国)	1	年最大 流量	1884— 1971	72	16	$R_Z = 0.55$	98	$R_M = 0.14$ $R_{ZS} = -0.25$
密西西比 河上游	St. paul (美国)	10	年最大 流量	1872— 1971	82	18	$R_Z = 0.60$	99	$R_M = 0.36$ $R_{ZS} = 0.09$ $R_{PD} = -0.06$
红河	Alexandra (美国)	18	年最大 流量	1872— 1971	82	18	$R_{ZS} = 0.51$	98	$R_Z = 0.17$ $R_M = 0.26$
俄亥俄河	Evansville (美国)	28	年最大 流量	1874— 1971	80	18	$R_{PDS} = 0.36$	85	$R_{PD} = -0.18$ $R_Z = 0.07$
哥伦比亚河	The Dalles (美国)	61	年最大 流量	1858— 1971	68	46	$R_{PD} = 0.29$	95	$R_{PDS} = -0.03$ $R_Z = -0.15$
松花江	哈尔滨 (中国)	39	年最高 水位	1898— 1970	69	14	$R_{PD} = 0.08$		

(1) 联合国教科文组织出版的《世界大洪水目录》[UNSECO, press, world catalogue of very large floods, (1976)], 所载该组织1976年以前的成员国主要河流每年最大洪峰流量值资料。因多瑙河有些年份的洪峰是融雪造成的, 故弃而不用。除流域面积很小的外, 收集了该书中有88年以上洪峰连续记录(截止于1971年)的5条河流的逐年资料。

(2) 我国河流的水文资料中, 有较长序列连续记录的只有长江和松花江。其中长江(武汉关)仍缺1945年最大洪峰的水位值, 为了利用这份不可多得的水文资料, 只好用历年平均的年最高水位代替1945年最高水位。

(3) 美国史密森研究所编撰的《世界天气记录》[Smithsonian Miscellaneous Collections, World Weather Records, Smithsonian Institution, Washington (1961)]. 该书的1951—1960年卷中, 刊载了自1869年至1954年(阿斯旺水坝修建前)尼罗河开罗水文站各月总流量和年总流量。

据此, 共收集了8条有连续水文记录的河流的洪水逐年变化资料。各河流的基本情况见表3。

3 洪峰水位(或流量)的外推距平及其与实测值距平的相关系数计算

有了上述河流的洪水资料, 就可检验表2中的天文气候周期系, 因洪水反映着大范围降水变化, 从而反映气候的振动。

我们采用下述方法来检验天文气候周期系: 先按表2中的周期数字和前期洪峰水位(或流量)推算后期洪峰水位(或流量)的距平值, 然后将外推距平值和后期实测距平值的相关系数作为鉴定天文气候周期系是否客观存在的标准。

求外推距平值的具体做法是: 如欲求1960年流量距平的朔望系外推值 d_z , 按表2中第1行的周期, 将1960年的19年前、38年前、57年前、76年前、91年前、53年前(即1941年、1922年、1903年、1884年、1869年、1907年)的实测流量距平值平均, 此值作为1960年流量距平的朔望系外推值 d_z 。

逐年算出 d_z 值, 可得一个离散时间序列 $d_z(t)$, 其中 t 为时间, 以年为单位。同理可根据表2计算出交近系外推距平序列 $d_M(t)$, 太阳-朔望系外推距平序列 $d_{ZS}(t)$, 太阳-交近系外推距平序列 $d_{PDS}(t)$ 。

然后用下式计算距平外推值和实测距平值的相关系数:

$$R_i = \frac{\sum_{t=1}^n d_i(t) d(t)}{\sqrt{\sum_{t=1}^n [d_i(t)]^2 [d(t)]^2}}$$

式中 d_i 代表 $d_z, d_{PD}, d_M, d_{ZS}, d_{PDS}$, d 代表实测距平值, R_i 代表 $R_z, R_{PD}, R_M, R_{ZS}, R_{PDS}$, 即 R_z 表示朔望系外推距平值与实测距平值的相关系数, 其他 R_i 的意义亦按此类推。

按照 n 值即外推年数和相关系数 R_i , 可查出相应的显著度(%)。

因为外推距平值是用13年以前的实测距平值计算而得,故它是一种“预测”值。相应的相关系数含有某种“预测准确性”的意义,它比周期回归或谱分析方法鉴定天天气候周期系的存在与否要可靠得多。

我们计算了上述8条河流的各天天气候周期系外推距平值 $d_i(t)$,以及相应的相关系数 R_i 和相关显著度,将主要数值列于表3。

4 计算结果分析

根据表3最后两栏,对每条河流的情况作逐一分析。

4.1 长江 年最高水位变化和地月系天天气候周期系(M)相关最好,相关可靠性亦最佳;其次是朔望系天天气候周期系(Z),相关可靠性亦甚高。对照相关系数可知,洪水变化和交近系以及太阳-朔望系的相关性不十分显著。可以认为月亮轨道的半朔望月周期、地球自转速率的长期变化,对长江中上游大范围降水变化是有影响的。太阳活动的影响则还不能肯定,这是因为朔望系中57、76、91年虽也是太阳活动平均周期11.1年的近似倍数,但包含上述三周期在内的太阳-朔望系(ZS),与它的相关反而下降。

4.2 尼罗河 年总流量和地月系相关最好,相关亦较可靠,和朔望系的相关不太显著,而太阳活动则似乎没有影响。可认为月亮轨道周期和地球自转速率的长期变化,共同影响着尼罗河流域的降水。

4.3 泰晤士河 年最大流量(洪峰)变化和朔望系(Z)相关最好,这是可靠的。其他天天气候周期系的影响不显著。太阳活动的影响更难辨认,因 R_{ZS} 的负值对上述外推距平值的方法而言,无任何肯定关系的含义。

密西西比河上游:年最大流量和朔望天天气候周期系的相关是可靠的。

4.4 美国红河 与上述四例不同, $R_{ZS}=0.51$,而 R_Z 、 R_M 都很小。表明太阳活动对红河洪水变化的影响是显著的。

4.5 俄亥俄河 年最大流量可能与太阳活动有关,但不能肯定。

4.6 哥伦比亚河 年最大流量和交近系相关系数 $R_{PB}=0.29$,但相关是可靠的。太阳活动的影响不明显。

4.7 松花江 看不出年最高水位和天天气候周期系有何显著的相关。但有人^[9]认为在月轨升交点和降交点附近的年份,洪水发生的概率高于常年。

纵观以上各河流的洪水和天天气候周期系的相关情况可看出如下特点:

① 8条河流(流域总面积583万平方公里)中有6条河流(流域面积共516万平方公里,占89%)的洪水变化和天天气候周期系肯定有关,相关可信度都大于92%。尼罗河、长江中上游、泰晤士河、密西西比河上游和支流红河(流域面积共455万平方公里,占78%)的相关系数都大于0.5,这表明一些地区的大范围降水确与月亮轨道周期、地球自转长期变化和太阳活动有关。

② 长江中上游、尼罗河、泰晤士河、密西西比河上游(共437万平方公里,占8条河流流域总面积的75%)的洪水变化主要和朔望系、地月系相关密切。红河和俄亥俄河共45万平方公里,占8%)和太阳活动关系密切。哥伦比亚河(61万平方公里,占10%)则和交近系有关。这表明天文因素对降水的影响是有地区性的,与各地的大气环流平均

状态有关。同时也表明朔望系和地月系在天文气候周期系中的重要地位。

将长江、尼罗河、泰晤士河洪水的实测值和天文气候周期系外推值的比较分别绘成图1、图2、图3。可以看出,由于相关系数较高,外推距平曲线和实测值距平曲线有一定程度的相似。

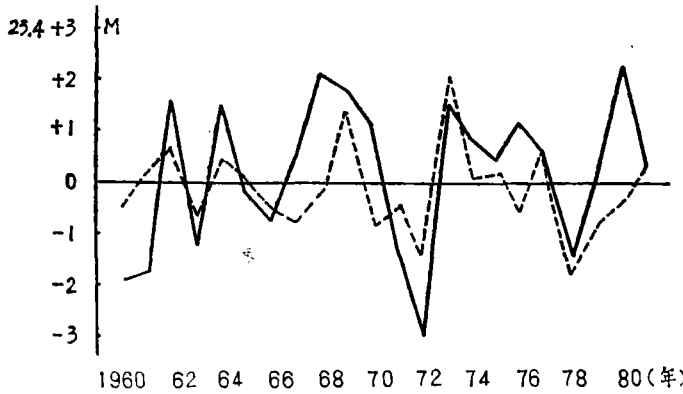


图1 长江(武汉关)1960—1981年逐年最高水位(实线)和朔望系外推值的比较

Fig. 1. The annual maxima of gauge reading of the Yangtze river at Wuhan during 1960—1981(solid), and the estimated corresponding values (after Syzygy Astro-climatic periods)

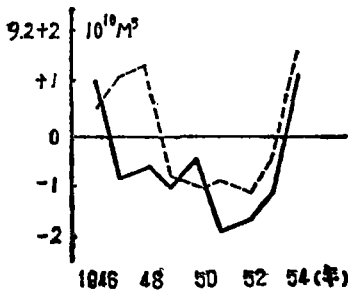


图2 尼罗河(开罗站)1945—1954年逐年年总流量(实线)和地月系外推值的比较

Fig. 2 The yearly total discharges of the Nile river at Cairo during 1946—1954 (solid) and the estimated corresponding values (after Earth-Lunar Astro-climatic periods)

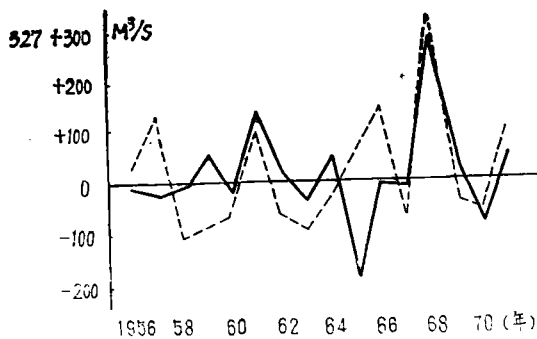


图3 泰晤士河(特丁顿站)1956—1971年逐年最大流量值(实线)和朔望系外推值的比较

Fig. 3 The Annual Maximum discharges of the Thames river at Teddington during 1956—1971 (solid) and the estimated corresponding values (after Syzygy Astro-climatic periods)

(图1—3中各天文气候周期系的外推值距平都扩大了一倍)

5 结 论

通过计算世界上有较长连续水文记录的8条河流的天文气候周期系外推距平值,并求出外推距平值和实测距平值的相关系数,以及相关可信程度。分析表明,除松花江看不出洪水和天文气候周期系有显著相关外,美国红河和俄亥俄河的洪水逐年变化可能与太阳活动有关,而占8条河总流域面积约86%的5条河流(尼罗河、长江、泰晤士河、哥伦比亚河和密西西比河上游),其洪水的逐年变化与月亮轨道周期和地球自转长期变化有显著的相关。这表明月亮轨道周期运动是气候和水文变化过程中不可忽视的外部因素。

感谢中国科学院北京天文台张国栋研究员、李致森副研究员以及国家气象局任振球副研究员提供各方面资料。

参 考 文 献

- [1] 薛凡炳, 天文学学术讨论会文集, 气象出版社, 北京, 1986, 97.
- [2] 罗时芳、梁世光、叶淑华、严绍宗、李元熹, 天文学报, 1974, 1, 79.
- [3] 张国栋、李致森, 天文学学术讨论会文集, 气象出版社, 北京, 1986, 130.

Orbit Periods of the Moon and the Large Floods of Some Famous Rivers in the World

Xue Fanbing

Abstract

According to the quasi-least common multiples between lunar orbit periods and the earth's orbit periods (i.e. Astro-climatic periods), and using the flood records in earlier times (68—95 years ago), the departure values of floods are estimated. Then the correlation coefficients between the estimated and the observed departure values are calculated.

For six out of the eight rivers with long-term records, the reliability is larger than 92%. For five of them, the correlation coefficients are above 0.5. It is shown that the periodic orbit movement of the moon as an external factor can not be ignored in some regions of hydrology and meteorology.

Keywords lunar orbit periods, large floods, river