

“月相”与冷空气活动预报

朱振全

(中央气象局气象科学研究院天气气候研究所)

提 要

据对50年冷空气活动的分析,发现其按农历的概率分布有更明显的不均一性。几个峰值与朔、望、上下弦等月相一致。用近20年资料对“月相调整法”等几种预报方法进行预报检验和 χ^2 检验、 t 检验的结果表明,考虑月相比不考虑月相准确率高10—20%,差异的显著性也非常明显。

冷空气活动的峰值正好是引潮力最大和引潮力增量跃增的时候。最后,从几种可能的物理联系对引潮力的作用进行了讨论。

一、引 言

冷空气活动是冷空气在较短时间(几天)内对较大范围地区的侵袭过程。它使受影响地区突然降温,有时并伴有大风和雨雪,是我国冬半年的主要灾害性天气之一,尤其在春、秋季,对农业生产影响更大。所以,摸清冷空气活动规律,及时作出预报是有很大意义的。冷空气活动的气候概率仅20—30%,目前其长期预报的准确率一般也仅40—50%左右,因此进一步探求冷空气活动的长期预报方法,提高预报准确率更为必要。

我国劳动人民在长期生产实践中形成的丰富测天经验和天气谚语,在各级气象台站的预报实践中效果很好。这些经验和谚语都是用农历计时的,农历计时方法不仅考虑了日地关系,而且考虑了月球对地球的影响。许多谚语和经验甚至直接指出天气和“月相”有关。例如,“初一十五廿三,阴天下雨湿衣衫。”就指出在朔、望、弦时容易闹天气;另外,许多“农暴”——容易出现暴烈天气的日期也在朔、望、弦附近,像正月十五“元宵暴”、二月十五“花朝暴”、二月初二“乌龟暴”、九月初九“重阳暴”等就是。

本文从月相和冷空气活动的关系进行讨论和预报,所讨论的方法在中央气象台和部分台站预报实践中效果较好。

冷空气活动资料是用酒泉、兰州、西安、哈尔滨、长春、沈阳、北京、济南、南京、汉口、长沙、成都、贵阳、福州、广州等15个站1930年以来的逐日平均气温,并按下述标准划定的:

1. 某站的一次冷空气活动指连续3天内共降温 5°C 以上(允许其中一天变温在 1°C 以内)。

1980年2月4日收到修改稿。

2. 在一次过程内,有半数以上的站达到上述标准,则统计为一次“全国类”冷空气活动;若长江以北半数以上站达上述标准,为“北方类”冷空气活动;若长江以南半数以上站达到标准,为“南方类”冷空气活动。

3. 冷空气活动的日期,取多数台站降温最集中的3天(个别情况也可取2或4天)。

二、“月相”与冷空气活动

“月相”也就是月亮的圆缺晦明等形相,是地面上能看见月球的光明面积占日光照射月球面积的比值。是由月球的位相决定的,可用下式计算

$$\text{月相} = \frac{1}{2}(1 - \cos \theta)$$

“ θ ”是月地日的夹角。朔、月球位于日地之间, $\theta = 0^\circ$,人们看不见月亮,这时是农历的三十或初一;当月球位于日地外侧, $\theta = 180^\circ$,可以看到圆月,称为“望”,时置农历十五或十六;在 $\theta = 90^\circ$ 或 $\theta = 270^\circ$ 时,可以看到弓形的半圆月,弦(直边)在东方称为“上弦”,弦在西方称为“下弦”,上弦在农历初七、八,下弦在廿二、廿三。

因为农历基本上可以反映月龄和月相,我们把1930—1979年共50年9月到次年5月的1287次冷空气活动按公历日期和农历日期排列,分别统计出各月每天的“气候概率”和“按农历日期排列的气候概率”。可以看出一些时段冷空气活动的概率高达40—50%以上,有的时段尚不足10%,这种不均一性越明显,对于分析和预报的意义就越大。

表1 冷空气活动按公历农历的概率分布比较表(9月—5月)

	概率 $\geq 50\%$ (天数)	概率 $\geq 40\%$ (天数)	概率 $< 10\%$ (天数)	最高概率 (%)	最低概率 (%)	离差系数
公历	0	9	4	46	6	0.257
农历	3	13	5	54	0	0.278

由表1可以看出冷空气活动按农历日期分布比公历日期有更明显的不均一性。

按“月相”(不分月份,只按农历日序)统计出各天的平均概率,做成图1。

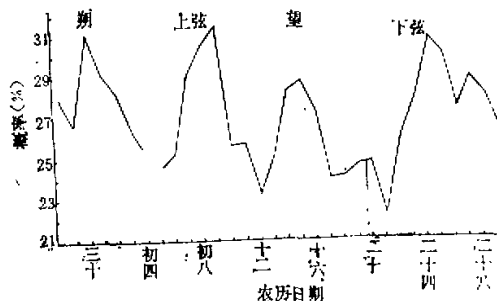


图1 按农历日序排列的冷空气活动概率分布图

图 1 清楚地显示出高概率出现在朔、上弦后(初八、九)、望、下弦后(廿三到廿五)这四个时段。还可统计出冷空气活动出现在图 1 的四个峰值前后两天内的次数,占全部冷空气活动次数的 80% 以上,而其余 11 天只占总数的 17—18%,如表 2。

表 2 冷空气活动在朔、望、弦后的百分比

月份	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	平均
%	92.4	85.8	81.0	81.5	88.5	82.4	77.3	71.8	82.3

总之,分析结果表明,冷空气活动的时间分布和“朔”、“望”、“弦”等月相有较好的关系。

三、用“月相”预报冷空气活动

关于“月相”的作用后面将进行讨论,由于上述几个月相有利于冷空气活动的暴发和加速其移动。所以这里提出的预报方法除选取概率较高的月相外,一般还结合其它方法来作预报。下面把我们提出的用月相预报冷空气活动的方法作一简要介绍:

1. “月相气候预报”选取预报月中农历气候概率较高的那几个朔、上弦后、望、下弦后做为冷空气活动的预报时段,所选时段数和该月冷空气活动平均次数相等。

2. “节气碰上换潮头容易闹天”的经验,公历、农历高概率日期相遇,出现冷空气活动的机会就大。把预报月各天的公历、农历气候概率相加,选取相加后概率较高的时段进行预报,所选时段数和该月冷空气活动的平均次数相等。

3. “月相调整法”是与其它方法相结合的方法。当其它方法预报的冷空气活动的中间一天与弦的后一天、朔、望等一致则不予调整;若在弦后四天以内和在朔、望后三天内则把预报日期提前 1—2 天;若离上述几个月相太远,一般不报,但若其它方法的指标概率很高(>75%),则以其它方法的预报日期进行预报。

以韵律预报和 500 毫巴候平均图指标区叠加反查法的月相调整为例:

由 1979 年 4、5 月冷空气活动用韵律预报的月相调整法预报 10 月份冷空气活动如图 2,效果很好。

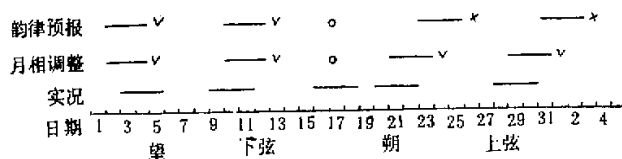


图 2 1979 年 10 月冷空气活动预报

表 3 是“固定韵律天数预报”(表 3 中“固定”)及“普查韵律天数预报”(表 3 中“普查”)的月相调整法对 1951—1971 年进行预报检验的结果。

500 毫巴候平均图指标区叠加反查法,由预报候的前 36 候、30 候、24 候、18 候、12 候的 500 毫巴平均图计算各网格点高度与冷空气活动的相关概率,选相关概率大于 70% 的

表 3 韵律预报的月相调整法预报检验(1951—1971)

	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月
“固定”迭加月相调整	52.3	66.7	(一)	80.4	70.5	72.3	80.0	70.0	(一)
“普查”	调整前	55.1	61.2	57.4	55.3	64.5	59.3	55.8	58.3
	调整后	68.0	69.6	74.0	66.4	71.1	70.6	65.9	66.2

三点以上成片的区域为“指标区”;再对该预报候的几个指标区进行叠加、反查,确定出现冷空气活动的指标区个数的指标,进行预报。

下面的列联表(表 4)就是对 1971—1973 年各年冬半年共 108 个候的预报情况:

表 4

月相调整后		实 况		合 计
		有	无	
预 报	有	40	12	52
	无	12	44	56
合 计		52	56	108

可以看出月相调整后准确率为 78% 左右,预报和实况间的关系,经显著性检验, χ^2 值为 23.42, 信度达 0.001, 表明关系非常显著。

为分析“月相”在冷空气活动预报中的价值,把考虑了月相的预报和公历气候预报及未考虑月相的预报作一比较,比较的内容有二,一是预报准确率,二是方法间的差异是否显著。

表 5 几种预报方法的预报效果

预报方法	(1) 公历 气候预报	(2) 月相 气候预报	(3) 固定 韵律迭加	(4) (3)的 月相调整	(5) 普查 韵律	(6) (5)的 月相调整	(7) 指标区 叠加反查	(8) (7)的 月相调整
总平均准确率(%)	57.3	64.8	61.4	70.3	59.8	70.8	71.3	77.8

表 5 表明,月相气候预报比公历气候预报准确率高 8%,各方法的月相调整比公历气候预报高 13—20% 以上;月相调整的预报准确率为 70—80%,比不进行月相调整高 10% 左右。

各方法间差异的显著性,可用小子样 t 分布来检验相比较的方法的一系列准确率是否来自同一母体。

$$t = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}_j}{\sqrt{\frac{\sum d_i^2 + \sum d_j^2}{n_i + n_j - 2} \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}}$$

$(\bar{x}_i - \bar{x}_j)$ 是两方法准确率平均值的差, d 是每一准确率的距平。

表 6 中各方法的代号同表 5, 检验结果表明,月相气候预报、两韵律方法的月相调整、

表 6 几种预报方法间差异显著性检验

相比较的方法	(2)(1)	(3)(1)	(4)(1)	(5)(1)	(6)(1)	(4)(3)	(6)(5)	(8)(7)
t_{ij}	2.78	0.9	3.02	0.73	>3.02	1.76	5.83	7.32
信度	<0.01	>0.1	<0.01	>0.1	<<0.01	<0.1 >0.05	<0.01	<0.01
$t_{0.05}$	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.78
差异评定	显著	不显著	显著	不显著	显著	不太显著	显著	显著

500 毫巴候平均图指标区叠加反查法的月相调整均与公历气候预报有显著差异；进行月相调整与调整前有显著差异。

总之，用月相预报冷空气活动比不用月相有明显改进。

四、讨 论

(一) 某些月相，其引潮力可形成钱塘江势如排山倒海的涌潮，美国芬地湾(Fundy)大潮潮高达 18—21 米以上，冷空气活动与月相的关系是否与引潮力有关？

引潮力是月球(或太阳)对地球某点引力(f)和地球绕“月-地系”(或“日-地系”)质心旋转时该点的惯性离心力(N)的合力(F)，如图 3。

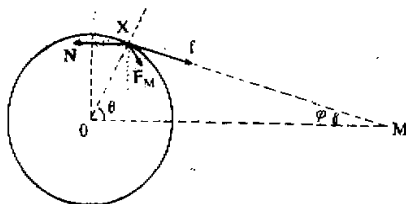


图 3 月球对地表某点引潮力示意图

$$F = (N^2 + f^2 - 2Nf \cos \varphi)^{1/2}$$

由于地球某点绕“月-地系”质心转动是相对于质心的刚体平动，所以各点惯性离心力大小相等、方向平行而且背离月球。地心的惯性离心力又与所受引力相等，所以地球各点的惯性离心力(N)等于地心所受月球的引力。 φ 可由下式求得：

$$\varphi = \arctg \frac{r \cdot \sin \theta}{D - r \cdot \cos \theta}$$

r 是地球半径， D 是月地距离。

计算出地表某些地区所受月球引潮力(F)及水平分量(F_H)、竖直分量(F_v)如表 7。

引潮力的逐日变化为一余弦曲线，对于地球来说，因为背月面的力同样是指向地球外(或内)的，所以使计算出的曲线(计算过程略)，向下的部分应向上而成图 4 了。

表 7 地表某些典型地区所受月球引潮力(单位: 厘米/秒²)

θ	0°	20°	30°	45°	54°20'36"	60°	89°31'21"	90°	90°28'39"	180°
$F \times 10^{-4}$	1.187		1.065	0.928	0.831	0.771	0.579	0.579	0.579	1.129
$F_H \times 10^{-4}$	0	0.574	0.772	0.881	0.831	0.755	0	-0.014	-0.029	0
$F_z \times 10^{-4}$	1.187		0.733	0.288	0	-0.164	-0.579	-0.5786	-0.570	1.129

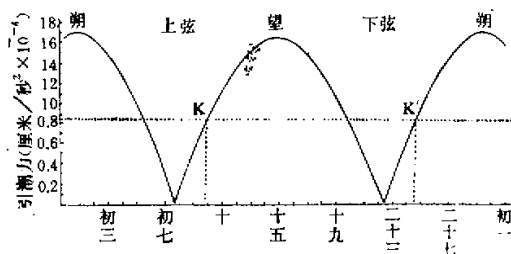


图 4 月、日对地表(日下点)引潮力合力的逐日变化曲线

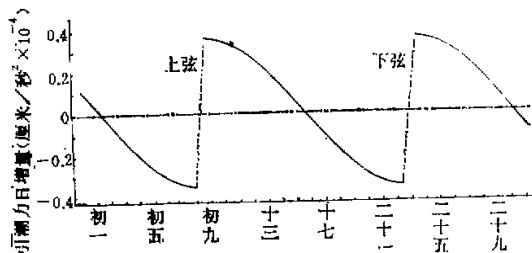


图 5 月、日对地表(日下点)引潮力合力的日增量曲线

引潮力在 7—8 天内的变化值比引潮力的平均值大将近一倍, 这力的峰值在朔和望。

由图 5 可看出上弦后和下弦后引潮力日增量最大, 而且是由弦前很大的负增量一跃而变为很大的正增量。图 4 还表明在弦后的两天里引潮力就增加到总量的一半。大家知道, 在非真空中使物体做加速运动(改变运动状态)需要外力大于阻力。又由于速度增加阻力也增加, 若欲使它作加速运动, 就必须使力的增量大于阻力随速度增大的值。因此弦后力的增量很大, 有利于天气系统运动状态的改变。

引潮力的变化与冷空气活动在时间和趋势上是一致的。

(二) 造成地球上海陆气潮的引潮力约为厘米/秒²的 10^{-4} 级。虽然由平均太阳常数 700 卡/厘米²·昼夜^[7]和太阳辐射的大气内能位能的动能制造率 2%^[8]等计算出太阳辐射转化动能的力, 比引潮力约大两个数量级。但是冷空气活动的突出特点是较短时间(2—3 天)天气就有强烈的变化, 而且每月大约有 2—4 次左右。若与外界某因素有关, 则该因素也应每月有 2—4 次显著变化。而太阳能日平均值的变化是缓慢的、季节性的, 对于几天

来讲可认为是个“常量”。如上分析,引潮力变化确与冷空气活动特点是一致的。

(1) 引潮力量级虽仅有厘米/秒²的 10^{-4} 级,但作用是很大的,它造成一些地方巨大的海潮,使地壳做弹性振动和影响地球自转速度。对天气系统也有促进和推动作用。

天气变化是作用于大气的各种力的相对平衡被破坏的结果,所以某外力只要能促进这相对平衡的破坏,它就是不可忽视的重要因素。就是说引潮力对天气还有“触发作用”。

推动作用和触发作用均需外力达到某个临界值。引潮力的水平分量克服的是球面上质点间的摩擦力,阻力很小,所以可造成流体运动。海潮及由于月球引潮力是太阳引潮力的 2.2 倍,则潮汐表现为以太阴日为主的变化就是明证。空气的摩擦力比海水小得多,使其运动的力的临界值更易达到。

由于大气密度随高度增加而变小,空气上升高度和提升力大小有关,从浮力差角度计算,引潮力竖直分量最大能使地面空气上升 2—3 米,使 2000 米高处的空气上升 3—4 米。

(2) 据经典力学,功和能是力和路程的积

$$E = F \cdot S = \frac{1}{2} F \cdot at^2$$

单位质量物质获得的能量是时间平方的函数。天气是在较大范围地区较长时间孕育的,其能量是较大范围较长时间积累的,而天气内部的力是这能量在相对较小的范围较短时间释放的表现。所以天气内部的力可以很大,但造成天气的初始力却不一定很大。

(3) 引潮力是作用于大气的周期性的力,它的时间尺度和天气过程是一致的,当某区域某状态的大气自由振荡周期和这外力的周期相同或者是整数倍时就会产生共振。所以对于某些地区、某些时期,月相与冷空气活动的关系可能比本文的结果更好。

(4) 这里讨论的引潮力的影响,是在大气内部而且包含水的相变和冷暖平流等物理过程。因而基本具备条件的空气更易受引潮力影响。引潮力可促进含有大量潜能的气团或天气系统能量的释放,进而影响大气的物理状况。这使引潮力的作用放大了许多。在上述有利月相有节律的影响下,久而久之,大气的某些物理变化就会形成与“月相”有关的韵律或周期现象。

(5) 引潮力对于大气上层的作用已被人们承认是明显的^[2,3]。人们由高空环流形势图上看到长波槽脊的西退现象,这很可能和引潮力造成的自东向西的压力波有关。如果这样,引潮力还可通过对引导气流的影响而影响天气。

(三) 引潮力对于冷空气活动的影响。日赤纬摆动于南北纬 23.5° 之间,月赤纬摆动于南北纬 18.5° 或 28.5° 之间,就是说月、日引潮力峰区在低纬。距月(或日)下点 45° 附近的中高纬度地区,指向低纬的水平分力最大,有利于空气向低纬移动。纬度更高的地区虽然水平分力减小,但是向下的竖直分力加大,有使由北而南的气压梯度加大的作用。因此引潮力的作用表现为使较高纬度地区的空气向低纬移动。所以在朔和望(引潮力较大)或者上下弦后(力突然增加很快),对于冷空气南下有促进作用。

在同一月相,由于各地气压系统可能不同,特点和条件不同,所造成的天气可能并不相同。例如,在东海南部和南海有“大潮雨”的谚语,而在渤海之滨的汉沽则是“大潮遮天

气”。从引潮力角度来看, 汉沽纬度较高, 引潮力对汉沽以北空气南移有较明显的促进作用, 渤海处于干冷的大陆气团控制下, 阴雨天气较少, 即所谓“大潮遮天气”。东海南部和南海纬度较低, 由表 7 可看出引潮力的水平分量在中高纬度较大, 低纬度明显减小, 就造成了水平分力的正切变, 有利于空气在此堆积而强迫上升; 而且低纬地区竖直分力大于高纬。所以大潮时容易下雨, 易出现“大潮雨”的情况。

总之, 通过分析和预报看出, “月相”和冷空气活动有较好的关系。用月相预报冷空气活动的效果较好。

关于月相与冷空气活动关系的理论讨论, 仅是些初步看法, 尚未涉及其它因素, 有些问题还有待进一步探讨。

本文曾得到张家诚同志的审阅和支持, 谨表谢意。

参 考 文 献

- [1] 朱振全, 用月相预报冷空气活动, 中央气象台长期预报组《长期天气预报技术经验总结》, 1976.
- [2] 赵九章等, 《高空大气物理学》上册, 科学出版社, 1965.
- [3] 刘世楷, 《天文学》, 1954.
- [4] 朱振全、陈菊英、孙彭龄等, 《天气谚语在长期天气预报中的应用》, 科学出版社, 1977.
- [5] 李珩, 《潮汐——海潮陆潮气潮》, 科学出版社, 1973.
- [6] 巢纪平, 《长期天气预报的物理基础》, 1975.
- [7] B. A. 别林斯基等, 《动力气象学》上册, 高等教育出版社, 1956.

THE PHASE OF THE MOON AND FORECAST OF COLD AIR ACTIVITIES

Zhu Zhen-quan

(Institute of Weather and Climate Research, Academy of Meteorological Sciences,
Central Meteorological Bureau)

Abstract

According to the analysis of cold air activities for fifty years, significant heterogeneous of probability distribution in accordance with lunar calendar has been discovered and some kurtoses are consistent with the phase of the Moon, such as the new Moon, full Moon, first quarter and last quarter etc. Some prognostic methods including the "harmonic phase of the Moon method" are examined with data in the past twenty years and with χ^2 test and t test. Allowing for the phase of the Moon, as compared with ignoring the phase of the Moon, the accuracy of prediction is increased by 10—20%, and the significance of contrast is very distinct.

The wave crest of cold air activity is just at the largest gravitational tide and the augmentation of increment of gravitational tide. Finally, the effects of gravitational tide is discussed.