

对我国近代气候振动的初步分析

南京气象学院

关于世界气候振动的问题，近年来在许多国家已引起普遍的重视。对这个问题的研究是从讨论“北极增温”开始的。第二次世界大战结束不久，鲁滨什太茵 (Рубиншмейн 1946) 发表了关于气候变化及其性质问题的研究报告。她对1940年以前的年平均温度资料作了10年滑动平均的分析，发现气温存在显著的振动，而且这种振动在相当大的范围内具有一致性。利斯加尔特 (Lysgaard 1949) 根据1940年以前的资料发现以格陵兰和须匹茨卑根增温最大，由此向南增温现象减弱或者完全没有增温。譬如当时东南亚和澳大利亚的一月份气温是明显下降的。

1950年威立特 (Willet) 利用北半球100个站的1880—1939年的气温资料，估计温度在行星尺度范围内变化的总趋势。他发现从1885年起整个半球的冬季温度和年平均温度有明显的增温趋势，但是就半球的各个部分而论，这种趋势并不完全一致。增温趋势冬季约 1°C ，全年平均约 0.5°C ，而且在高纬度比较清楚。米切尔 (Mitchell 1961、1963) 将台站数目增加到200个以上，补充了最后20年的资料。结果发现，在40年代由增温变为降温，同时，在40年代以前增温非常强烈的格陵兰等地，在这以后的年代里也是变冷最迅速的地区。从米切尔文章的附图中可以看出，40年代以前两半球年平均温度的变程和变量是互相一致的，60年中增温约 0.4°C 。冬季北半球的增温 (0.5°C) 为南半球的 (0.2°C) 2倍多。特别有趣的是在低纬度 (30°N — 30°S) 年温也是上升，60年内约增高 0.5°C 。米切尔绘制的1920—1939对1940—1959和1940—1949对1950—1959十年的年温和冬温的差值图表明，行星尺度的趋势和各个地理区域内的趋势相关性很差。这说明地球各个部分的气候振动具有不同的性质。凯林达 (Callendar 1961) 利用1950年以前北半球400个站的年平均温度资料求5年滑动平均，然后对1901—1930年的准平均求出距平，并按各个区域的面积大小计算加权平均作为行星尺度的温度振动趋势。结果发现从北极到南纬 45° 有普遍的增暖趋势。威立特米切尔和凯林达三人研究行星趋势的结果一般说是相当吻合的，这可以从表1中看出。

表1 1891—1920三十年间和1921—1930年间10年平均温度之差 $\Delta(^{\circ}\text{F})$

区 域	按 凯 林 达		按 威 立 特 和 米 切 尔	
	纬 度	Δ	纬 度	Δ
行 星 尺 度	60°N — 50°S	+ 0.41	60°N — 50°S	+ 0.37
北 半 球 温 带	60°N — 25°N	+ 0.70	60°N — 30°N	+ 0.64
			60°N — 20°N	+ 0.57
热 带	25°N — 25°S	+ 0.31	30°N — 30°S	+ 0.35
			20°N — 20°S	+ 0.39
南 半 球 温 带	25°S — 50°S	+ 0.25	20°S — 50°S	+ 0.10
			30°S — 50°S	+ 0.08

然而，年平均温度掩盖了各个季节温度变化的特点，这就像温度的行星趋势掩盖了地球各部分的变化趋势一样。鉴于这种情况，鲁滨什太茵和帕卓洛娅(Лозолова, 1966)对北半球一些台站的温度资料分各月进行了研究，结果发现各月的温度振动差异是很大的，甚至不能用1月份的振动来代表整个冬季温度振动的性质，也不能以7月份的振动来代替夏季温度振动的性质，尽管这两个月份习惯上总是被看成是冬夏两个季节的代表。

竺可桢副院长发表了对我国五千年气候振动的研究成果。(详见本刊第一期增刊)。

我们在这篇论著的启发下，在中央气象局通知召开气候变异座谈会的推动下，对我国近代气候变化问题也做了一点工作，获得一些极其初步的结果。

一、对我国气温振动的初步分析

一般认为，气温是反映气候振动的一个良好的指标。为揭露气温多年变化中的规律性，通常采用滑动平均、距平累积和自相关函数三种方法。作为一个初步分析，我们选取了沈阳、北京、西安、汉口、南京、上海、成都、长沙、广州等九个站的年平均温度资料，采用上述三种方法，分别计算和绘制了它们的10年滑动平均曲线，距平累积曲线和自相关函数曲线。下面是分析这些曲线的一些初步的结果。

沈阳 从10年滑动平均曲线上可以看到，1917年(即1908—1917年的平均值，下同)是近代年温的一个最低点，此后温度开始稳定上升，这种升温趋势一直持续到1940年左右。在这期间，气候约变暖了 1°C 。40年代的温度大体稳定在40年代初的水平，没有明显的变动。40年代后期温度有下降的趋势。50年代又向上回升，从60年代开始又出现下降趋势。沈阳40年代以前的稳定升温，看来是和北半球高纬度地区这一时期的普遍升温现象一致的，但40年代以后的降温比起北半球的其他地区来却显得十分短暂，因为根据鲁滨什太茵的研究，就整个北半球而言，1940年以后的变冷主要发生在1951—1960年这10年内，而沈阳却在40年代末开始回升。沈阳的年温距平累积曲线表明，从本世纪初到1918年为距平累积曲线的降枝。这说明在这个时期中沈阳的年温经常处于气候平均值以下，由于负距平的逐年累积才使曲线形成了一段明显的降枝。1918年以后，曲线由降枝转为升枝，这说明沈阳的年温振动开始了一个新的以正距平占优势的时期。但是这段升枝要比前期的降枝平缓得多，而且在上升的总趋势上时而出现短暂的下降。然而上升的总趋势一直持续到40年代初还是比较清楚的。比较这两条曲线还可以看到，沈阳的年温在40年代以前振动的周期较长，而在40年代以后它的振动周期有缩短的趋势。

为了进一步揭露周期较短的振动，我们计算了沈阳年温的自相关函数(取最大的时间间隔 $T_{\max} \leq N/5$ ， N 为序列长度，以保证自相关函数的可靠性)。从自相关函数图上可以看到，在 $T = 10$ 年处有一峰值，经过 t 检验，这个峰值在0.05的信度水平上是显著的。这表明，在沈阳的年温振动存在着9—11年的周期。这种振动周期，目前一般认为与太阳活动的11年周期有关。

北京 北京的年温和冬温的长期变化，竺可桢副院长已作过专门论述，这里不必重复，但需要补充一点自相关函数分析的结果。根据北京最近40年(1930—1970年)年温资料的自相关分析($T_{\max} = 8$ 年)，在 $T = 4$ 处有一峰值，但是这个峰值没有达到0.05的显著水平，因此这种4年周期是否可信还有问题。

西安 从10年滑动平均曲线看，1943年和1959年分别为两个最低值，间隔17年，峰

值出现在1947年。由于两个最低值出现在完全不同的水平上，(第一低谷比第二个低谷所在的水平要高得多)所以从40年代初开始，经过短暂的升温后，出现了较长时期的降温趋势，13年中共下降了 0.9°C 。60年代开始转为上升趋势。

汉口 从10年滑动平均曲线可以看到，汉口的年温在1917年为一低谷，此后升温趋势一直维持到30年代的最后几年。在此期间气候共增暖了 0.7°C 。值得注意的是，汉口与沈阳虽相隔很远，但升温的开始年份、升温的持续时间，和气候变暖的程度都是相当接近的。40年代以后，降温趋势是明显的。到了50年代中期气温大体上已降到1917年的水平，1959年降到最低点，此后又开始回暖。距平累积曲线的变程和10年滑动平均曲线的变程相互平行。这说明10年平均温度的上升是由年温的正距平累积而成的，而十年平均温度的下降则为年温负距平叠加所致。从自相关函数曲线上可以看到， $T=5$ 年处有一峰值， t 检验表明，这种间隔5年的温度自相关是显著的。因此可以认为，在汉口的年温变化中存在5年短周期振动。

南京 从距平累积曲线上看，南京的年温振动，明显地分为三个时期。从1905年开始到1926年的22年期间为一降枝，即年温的负距平占优势，这一时期的气候比正常偏冷。从1927年到1953年的27年中除缺资料的年份外，大体上是以正距平为主，气候比正常偏暖。1954年以后又出现降枝，转入以负距平为主的时期。这一时期的气候，除1959、1961、1962年外，均比常年偏冷。从自相关函数曲线来看， $T=6$ 年处有一峰值， t 检验表明，这种6年振动周期是显著的。这里顺便提一下，鲁滨什太茵在分析世界各地的气温振动时，发现6—8年周期是各地年温和月温振动中一种较为普遍的现象。由于这种6—8年的周期在各种不同的水文气象现象中普遍存在，所以近年来对产生这种周期振动的原因作了各方面的探讨。譬如按照马克西莫夫(И.В.Максимов 1966)的见解，这种6—8年的大气短周期振动是由周期约14个月的大气“极地潮”和大气环流12个月的季节变化相互作用的结果。

上海 上海全年各月(除1月和6月外)从上世纪末起有明显的增暖趋势，到1940年达到最高，此后气候开始变冷，从60年代开始又有升温趋势。在鲁滨什太茵的研究(1966)中是把上海和开普顿、布宜诺斯爱利斯，放在同一组曲线中的，并指出这组曲线的特点是平均值较稳定，并在序列的末尾有升温趋势。在自相关函数曲线上，上海也有一个 $T=6$ 年的峰值， t 检验表明，6年周期是显著的。值得注意的是，上海的年温自相关曲线上， $T=11, 15, 18$ 年处还有三个峰值，而且都达到显著性的要求。11年周期一般认为和太阳相对黑子数的周期振动存在关系。而15年周期在沙列哈尔特，依维格图特的月温(4月和2月)振动中也是存在的。至于18年的周期虽然在纽黑文的一月份温度变化中亦有表现，但就世界各地来说并不是普遍的。

成都 从10年滑动平均曲线看，40年代以后的升温是明显的，但是这种升温为时短暂，在1948年达到峰值后，便进入了一个降温时期，这种降温一直维持到60年代。降温开始的年份和西安相近。距平累积曲线与10年滑动平均曲线一致。这里的年温自相关函数曲线表明，在 $T=4$ 年处有一峰值，超过了0.05的显著性水平。也就是说，在成都年温的短周期变化中4年的周期振动是显著的。此外，将成都、汉口、南京、上海四地的年温自相关函数曲线作一比较，可以看出，年温振动的周期有一种自西向东逐渐延长的趋势。

长沙 40年代以前气候比正常偏暖是明显的(距平累积曲线稳定上升)，40年代的前几年资料中断，因此无法讨论年温的变化。从50年代开始年温出现下降的趋势，气候比正常

偏冷，到1958年达到最低。此后开始稳定的回暖，到1968年达到顶峰，1969年起又开始变冷。从曲线的演变趋势看，这种变冷有可能维持到1975年。此外，在自相关函数曲线上 $T=2$ 年处有一相对峰值，这种两年振动周期可能和低纬度大气环流的26个月振动有关。同时在年温变化曲线上这种一年升，一年降的变化也是一种占优势的现象。

广州 这里距平累积曲线的一个特点是升枝和降枝的持续时间比纬度较高的站为短，也就是说，气候比正常偏冷或偏暖现象的持续性较小。这里的年温自相关函数值都比较小，仅在 $T=9$ 年处有一相对峰值，经 t 检验后是不显著的。

从上面所述，对于我国气候的冷暖变化，可以看出下面两个主要特点：

1. 40年代以前的气候变暖，在我国也是一种普遍现象，但是由增温转为降温的年份，东部大体上是在40年代初，有向西推迟的趋势。譬如西安和成都，这种转折发生在1947—1948年。以后的降温趋势在我国中部比较明显，北方则不那么稳定。到了60年代初期各地气温又出现了回升的趋势，但成都例外。

2. 在上述长周期的变化趋势上，我国各地气温还存在短周期的振动。根据自相关函数曲线的分析，4—5年和6—8年的周期比较常见。但9—11年、14—15年和18—20年的周期也是存在的。至于这种周期在时间上是否稳定以及它们的产生原因，还有待今后进一步研究。

二、对我国降水振动的初步分析

关于大气降水的气候振动的研究要比温度少得多，这可能是和影响降水的因子过多，而降水本身的观测精度又不高等原因有关。

1940年瓦格纳(wagner)绘制了1886—1895对1911—1920年这两段10年期间的降水变化图。该图表明，在 40°N — 30°S 之间的热带大部分地区雨量是减少的。降水的经向差异出现行星尺度的增大，亦即干旱的副热带高压带变得更加干旱，而盛行西风的润湿纬带，变得更加润湿。这种情况从1921—1930年这个10年开始转成相反，热带雨量增加，东亚和北大西洋中纬度的降水量减少，而且这种减少趋势一般地是向西扩展的。1921—1940年的中期热带的季风降水和对流性降水有所增强。

1949和1950年利斯加尔特(Lysgaard)对1881—1910和1911—1940年这两段30年期间的大气降水振动作了初步分析，他得到，1月份欧洲、北美、印度尼西亚的降水有显著的增加，西非、中亚和东亚的降水有所减少。7月份的降水振动分布得更复杂一些。就全年而言，北极及温带的北部降水量是增加的，而美国、非洲和澳洲雨量是减少的。

1954年Mather得到了一些有趣的关系：冬季大陆上变冷和降水量减少，变暖和降水量增加经常组合在一起，而在大洋上则以变暖和降水量减少、变冷和降水量增加这两种组合最为常见。1952年克赖姆斯(krames)在低纬度找到的关系是与此相反的，那里的温度和降水的多年变程具有负相关。

为探讨我国年降水量振动的规律性，我们仍选取了上面研究温度振动时所选用的那九个站的年降水量资料，采用的分析方法也基本上与研究温度时相同，不过由于降水的变率过大，统一化为距平百分率来计算。为方便起见，下面仍根据自北向南的顺序，对所选各站分别加以讨论。

沈阳 从10年滑动平均曲线上看，有明显的7—8年的周期。此外还可以看到存在周期更长的一段上升趋势，但是由于资料年代过短，无法确定这种长周期的准确长度。值得注意的是在自相关函数曲线上在 $T=3, 7, 10$ 年处分别出现函数的峰值，不过它们之中只有7

年的周期是显著的，也就是说，自相关函数曲线从另一个方面表示沈阳年降水量的7年周期振动是客观存在的。从距平百分率累积曲线上看，1935年是一个明显的转折点；在这以前是曲线的降枝，亦即年降水量负距平占优势的时期；而在这以后是曲线的升枝，亦即进入了年降水量比正常偏多占优势的时期。从60年代初期的情况来看曲线有可能转为相反的趋势，亦即可能进入一个以雨量比正常偏少为主的干旱时期。从过去的资料来看，曲线的总升降趋势一般可以持续25—30年左右。

北京 由于解放前的资料断缺不齐，计算10年滑动平均遇到困难，所以我们只计算了最近40年期间的10年滑动平均曲线。这条曲线清楚地表明，从1949—1959这10年内年降水量变化的总趋势是逐年增长的，1959年以后平均而论年雨量有逐年下降的趋势。到1969年滑动平均曲线回降到1949年前后的水平，这年以后年降水量有开始回升的趋势。十年升，十年降与王绍武同志的结果相吻合。从距平百分率累积曲线上看，从1926到1948年期间为曲线的降枝，也就是说这个时期是北京处于年降水量比正常偏少的干旱时期。1948年以后曲线转为升枝，并在1959年达到顶峰。这个时期是北京年降水量比正常偏多的润湿时期。1959年以后曲线又转为降枝，虽然短周期的起伏比前一时期显著，但配合10年滑动平均曲线来看从1960到1969年这段时期北京仍可以说是处在一个以年降水雨量比正常偏少占优势的干旱时期。另外，根据最近40年期间年降水量的自相关分析，在 $T=3$ ，和5年处的两个峰值，经过 t 检验都是满足显著性要求的。这种3—5年的短周期振动在距平百分率累积曲线上亦常有反映，它表现为曲线有两年上升，随之三年下降的特点。如果说，北京前一时期中那种10年升，10年降的规律性继续存在的话，那么我们可以推测在1969年以后的10年中，北京将进入一个以降水量比正常偏多占优势的润湿时期。考虑到3—5年的短周期振动，那么在这个润湿时期中出现2—3次年降水量比正常偏少的年份是完全有可能的。

西安 从10年滑动平均曲线上看，西安年降水量从1941年到1958年期间有明显的上升趋势，但在这种上升趋势的上面，还叠加着3—4年的短周期振动，1958年是一个转折点。在这年以后，10年滑动平均值出现了下降的趋势。距平百分率累积曲线表明，西安从1932到1941年期间为降枝，亦即处于降水量比正常偏少的干旱时期。1941年以后，曲线转为升枝，也就是说从1942年开始到1958年为止西安处于一个降水量比正常偏多的润湿时期。1958年以后和10年滑动平均曲线一样开始了下降的趋势。

汉口 从10年滑动平均曲线来看，1897—1907年为降水量逐年减少的时期，1907年为下降的最低点。这年以后到1915年转为逐年增长的时期。从1916年起雨水又逐年下降，到1929年降到最低点。1930年以后又开始一个逐年增长的时期，这个时期大体维持到1954年。从自相关函数曲线上看，在 $T=12$ 年处出现一个峰值，接近显著性的要求，所以这种12年的振动周期只能作为参考。

南京 从10年滑动平均曲线看，1957—1968年年降水量的趋势是减少的，1968年以后开始逐年上升。看来这种上升趋势还可以持续数年，因此可以推测，在1976年以前，年降水量将维持逐年增多的总趋势。距平百分率累积曲线大体上也说明存在这种趋势的可能性。另外，在自相关函数曲线上， $T=5$ 和8年处各有一个峰值，但它们的数值均未达到0.05信度的显著性要求。

上海 我们只作了自相关函数分析，在 $T=13$ 年处，信度为0.05，所以是显著的。

成都 这里的10年滑动平均曲线表明,年降水量的变化存在着连续7年下降,又连续7年上升的特点。也就是说可能存在14年左右的振动周期。从距平累积曲线看,从1933年到1938年为雨水比正常偏多的时期,从1938年到1944年转为比正常偏少,从1944到1949年又出现比正常偏多的情形。1949年以后曲线又出现降枝,从1957年以后曲线又开始回升。必须指出,距平百分率累积曲线的峰和谷与10年滑动平均曲线相比,存在超前的现象,这说明前者反映年降水量的变化比后者敏感。当曲线的升降趋势有规律时,利用距平百分率累积曲线更能反映年降水量变化的实际情况。

长沙 这里从1921到1930年10年滑动平均曲线表现为年雨量逐渐减少的时期,从1931年开始年雨量逐渐增加。从距平百分率累积曲线上看,年雨量减少时期大体上以负距平为主,而年雨量增加时期则以正距平占优势。1937年以后资料中断,无法讨论其变化情况。根据解放以后的资料来看,1954年是一个转折点,这年以后出现一个以负距平占优势的时期。这个偏旱的时期到1968年结束,以后开始一个雨量逐渐增长,正距平占优势的时期。长沙的年降水量自相关函数曲线上虽然在 $T=4, 6, 9, 11$ 年处均有峰值,但是经 t 检验后,它们均没有达到信度为0.05的显著性水平。

广州 这里降水的距平百分率累积曲线和温度一样,升降期的持续性比较短。这可能反映了以短周期振动为主的特点。自相关函数曲线也证实了这一点,从自相关函数曲线上可以看到 $T=2$ 和4年处各有一峰值,都达到了信度为0.05的显著性水平。可见这种2年和4年的短周期振动,也许是低纬度气候振动的一个特点。

从以上所述,我们可以看到,在年降水量的多年变化中没有显示出像年平均温度多年变化中那种长期稳定的趋势,而且各地的变化具有明显的地区性特色,各地年降水量偏多或偏少的时期也很不一致。从短周期的振动来看,沈阳有7—8年的周期,北京和西安有3—5年的周期,成都、汉口、上海大致有12—14年的周期,广州有2年和4年的周期。但这些周期性只反映过去年代中年降水量序列的统计性规律,其物理成因还有待进一步探讨。