

太阳辐射在形成中国气温年变程中的作用

翁 篤 鳴
(南京气象学院)

一、引 言

气候学理论研究的发展,已日益不能满足于通常的关于形成气候三因子综合作用的籠統概念。它要求对这些因子,特别是太阳辐射因子的作用进行定量的分析,闡述它与下垫面,大气环流之間的相互关系。我国气象学会已于 1962 年年会时提出了开展上述課題研究的任务。K. Я. 康德拉契也夫 (Кондратьев)^[1] 也提出类似的看法。事实上近年来,特别是 1957—1959 年的地球物理年以后,日射气候学資料和理論研究的进展,已为解决此項任务提供了有利条件。

本文试图从天文太阳辐射(下面文中所指的均系天文辐射)与气温月月对应的相关分析中,探求气温年变程的特征以及定量的估計辐射在形成气温年变程中的作用。同时从相关强弱中也能看出下垫面和大气环流的某些影响¹⁾。

气温以及某些其它气象要素的年变化与太阳辐射年变程的一致性,早就引起了气候学家的重視。W. 柯本 (Köppen)^[2] 提出以所謂相对温度来分析各地气候特征。么枕生^[3] 曾用諧波分析的方法討論过我国的气温分布,并以此进行气候区划。此外,許多在气候大陆度方面的研究工作,也与此密切相关。总的來說,这些都着重于分析海陆影响,而我們所討論的命題要广泛得多。

本文根据我国 100 个測站的資料分析結果写就。文中所需天文辐射資料,取自陈世訓編著:“中国的气候”內插所得,并以每月 15 日的日总量代表月平均值(由于該书太阳常数是 1.88 卡/平方厘米·分,現作百分之一的訂正)。气温資料取自“中国气候各簡編”。各站資料年数都在 5 年以上,西北少数測点的資料到 1960 年。

使用的方法是相关分析法。

二、辐射-气温相关分析

太阳辐射对于地面空气的增温(降温)作用,主要靠地面一大气間的热量交換来完成。从进入地球大气的太阳辐射能轉化为引起温度变化的热通量,中間包括着一系列复杂的辐射平衡和热量平衡过程。所以,尽管气温的变化,主要由太阳辐射的多寡决定,但其它因子的影响仍然可以很大。气候学早已闡明,在形成气候的三因子中,太阳辐射是基本的,而下垫面特征和大气环流則是第二性的。与后面两因子紧密相連的天空遮蔽度(云量)、大气透明状况、下垫面的物理特性以及平流热量和水分的輸送等等过程,都将导致太

1) 本文所指的环流影响,是指大气环流在月际間的变化,以及与此有关的云量、降水量、冷暖平流等等的月际变化。至于大气环流的非周期变化,因为在进行气温多年平均时平滑掉了,故在相关分析中看不出它的影响。

阳辐射能的再分配。问题在于,这些影响大小,将因时因地而异。基于这样的设想,将各月的天文辐射量,与同月气温一一相当的进行相关分析时,相关系数大小就能清楚的反映出辐射的作用,同时散布图还有助于对其它因子影响作出估价。

相关计算的结果,就得到太阳辐射与气温的相关系数 r_1 的分布图(图1)。从这图上我们可以看到几点有趣的事实。

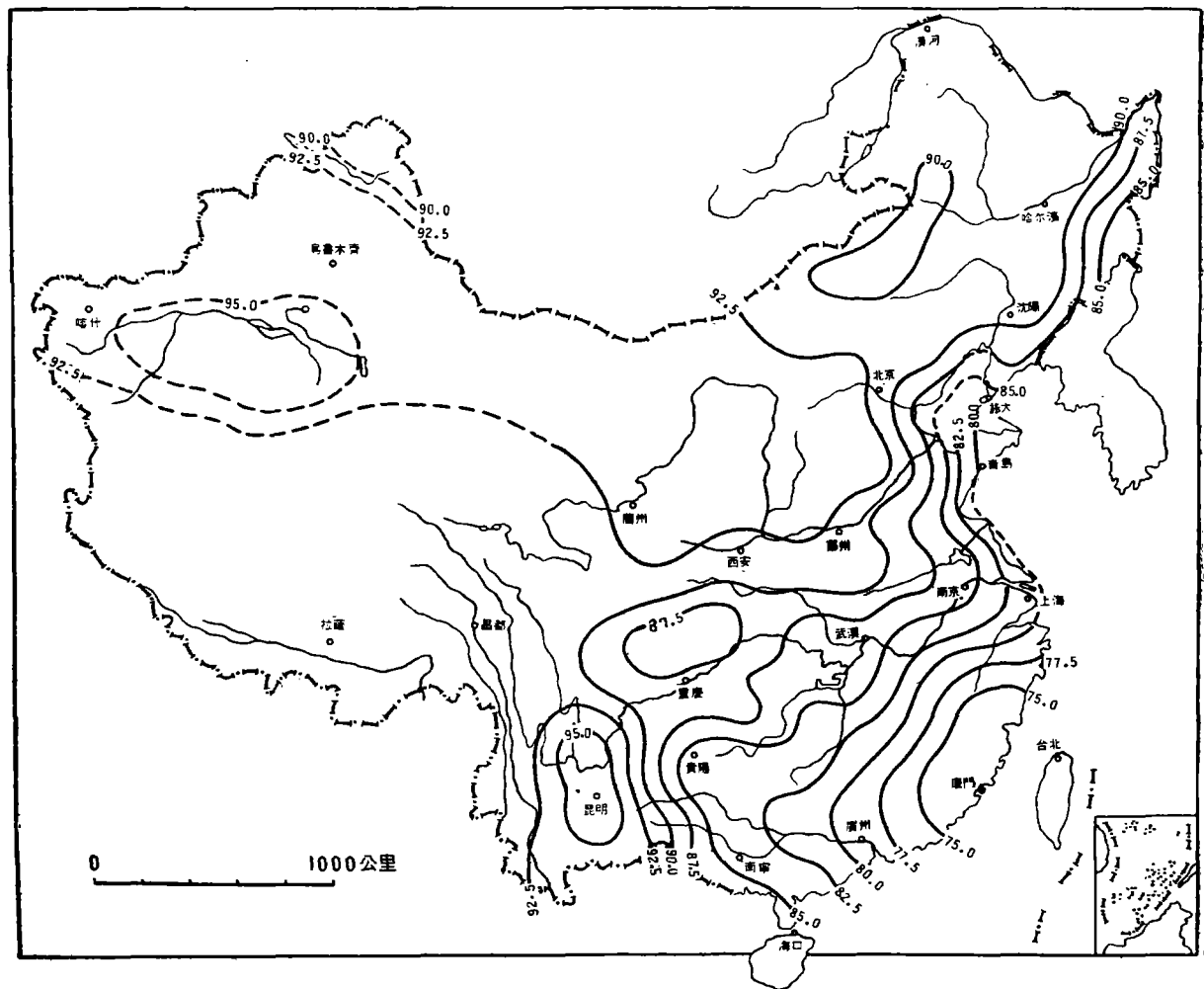


图1 辐射-气温月月对应相关系数分布(单位100%)

首先是相关系数 r_1 大小本身。从我国西北内陆直到东南沿海, r_1 到处很大。在汉水—淮河以北(沿海地带除外)和 105°E 以西的广大范围内, r_1 均高达0.900以上。其中以哈密最高(0.953)。此外,即使在公认的海洋影响强烈的东南沿海地区,至少也在0.720以上,厦门最小为0.726。

我国辐射-气温相关系数到处很大是不奇怪的。因为对气温影响巨大的环流特征,其年变程主要也受太阳辐射控制。海洋对气温年变的作用,一方面表现在海洋热力特性对沿海地区的直接影响;另一方面也通过环流(海陆间的水热输送)深入大陆。这在下面

的討論中是看得很清楚的。
我國雖東鄰世界大洋,但其影響不大。特別是在東北、華北沿海,只有緊接海洋的有限地區,相關系數才有所減小。東南沿海稍有不同,海洋作用加強了,並形成全國相關最小的中心。

海南島與雲南高原的 r_1 都在 0.900 以上。可能與這些地區所處緯度低,輻射月際變化本屬不大,因之各月的環流影響(特別是雨季的出現時期)就起決定作用。上述兩地區,夏季降水集中,各月氣溫相差很小。冬季,海南島在冬季風控制下,海洋影響極微,最低溫度都在 1 月出現,反而呈現相關很好的情況。雲南高原的冬季受熱帶大陸氣團控制,帶來了晴朗乾燥天氣^[4],因之相關系數也很大。上述情況並非偶然,它正好被馬圭、腊戍(以上緬甸)、琅勃拉邦(老撾)的相關計算所証實(其相關系數分別為 0.940、0.907、0.947)。

海拔增高,會使氣溫位相落後較多,引起相關程度的下降。最明顯的例子就是青藏高原與其北鄰——甘新地區的差異。至於高原與其東鄰平原地區的不同,則與濕潤狀況有關。地形抬升影響的痕迹,還可在興安嶺地區找到。

從氣象要素來說,降水與絕對濕度較能反映海陸分布對相關的影響。為此,我們繪制了自烏魯木齊至台南的西北—東南剖面圖(圖 2)。圖中實線代表輻射—氣溫相關系數 r_1 ;虛線表示平均年降水量和虛點線代表年平均絕對濕度(毫米)。由圖可見,相關系數曲線

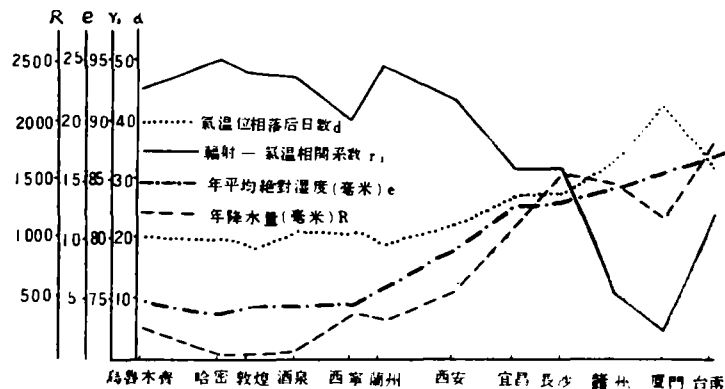


圖 2 烏魯木齊台南剖面圖

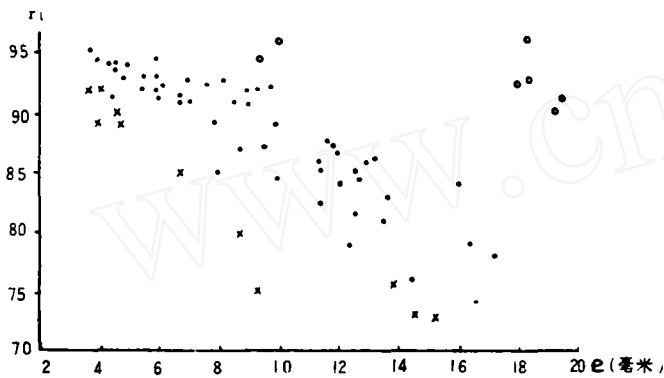


圖 3 r_1 與 e 的關係

正好与年降水和绝对湿度的剖面成相反。在降水稀少,空气干燥的西北内陆, r_1 很大, 辐射作用非常强烈;而在雨水充沛的东南地区, r_1 明显下降。厦门虽降水较少,但直接受到海洋影响,所以 r_1 为全国最小。

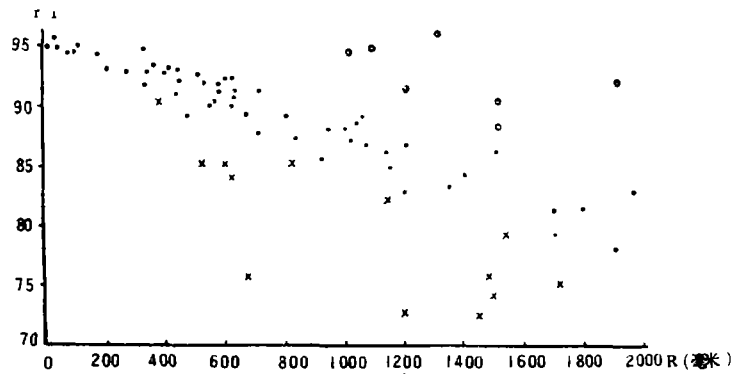


图 4 r_1 与 R 的关系

把上述关系扩大到全国范围,分别点绘 r_1 与年降水量 R , 年绝对湿度 e 的相关图,就得到图 3 和图 4。它们所反映的特点完全一致:除少数代表沿海和高山站(以 \times 表示)及海南岛、云南高原(以 \circ 表示)的点子外,存在着显著的负相关。由此可以想象,空气愈湿润,降水愈多,那么随之而来的云量大、大气透明状况不良、蒸发耗热多等等,都会使地面吸收的实际辐射能以及借以增高气温的热量减少。

三、气温位相落后特征

气温变化落后于太阳辐射。但在不同地区,位相落后各不相同。此现象也反映在辐射-气温相关计算中,因此,有必要加以讨论。我们以年平均辐射与年均温出现日期之差(取春秋二次之平均)表示气温位相落后日数 d 。图 5 就是 d 在全国的分布。

图 5 给予我们最鲜明的印象是它与图 1 的反向对应。 r_1 最大的塔里木盆地,成了 d 最小的中心; r_1 最小的东南沿海,变为 d 最大地区。云南高原也是低值中心;海南岛也较小。淮河—汉水以北, 105°E 以西的广大地区,等值线依然无几。

依据上述情况,我们选择代表不同地区的 30 站制作 r_1 与 d 的关系图(图 6)。图上曲线关系是很清楚的。回顾图 2,可以认为,气温年变与辐射之间相关好坏,与各地区的湿润状况以及海洋影响强弱有关。它们是借增加或缩减位相落后日数来影响相关特征的。位相落后日数愈多,相关愈小;落后愈少,相关愈好。

考虑到我国绝大部分地区的气温年变程,都以 7 月最高,1 月最低。如果我们调正位相,即进行辐射-气温的前后月(1 月辐射对 2 月气温,2 月辐射对 3 月气温……)相关计算,原来位相落后 30 天的测站的新相关系数 r_2 ,从理论上应达到最大。落后日数 d 与 r_2 的关系,应该呈现出以 30 为顶点的对称曲线。这种推测完全得到实际的证实(图 7)。对于 d 为 25—33 的区间, r_2 均达 0.990 以上。于是也就反证了,我们以年平均辐射与年均温出现日期之差作为位相落后标准的合理性。

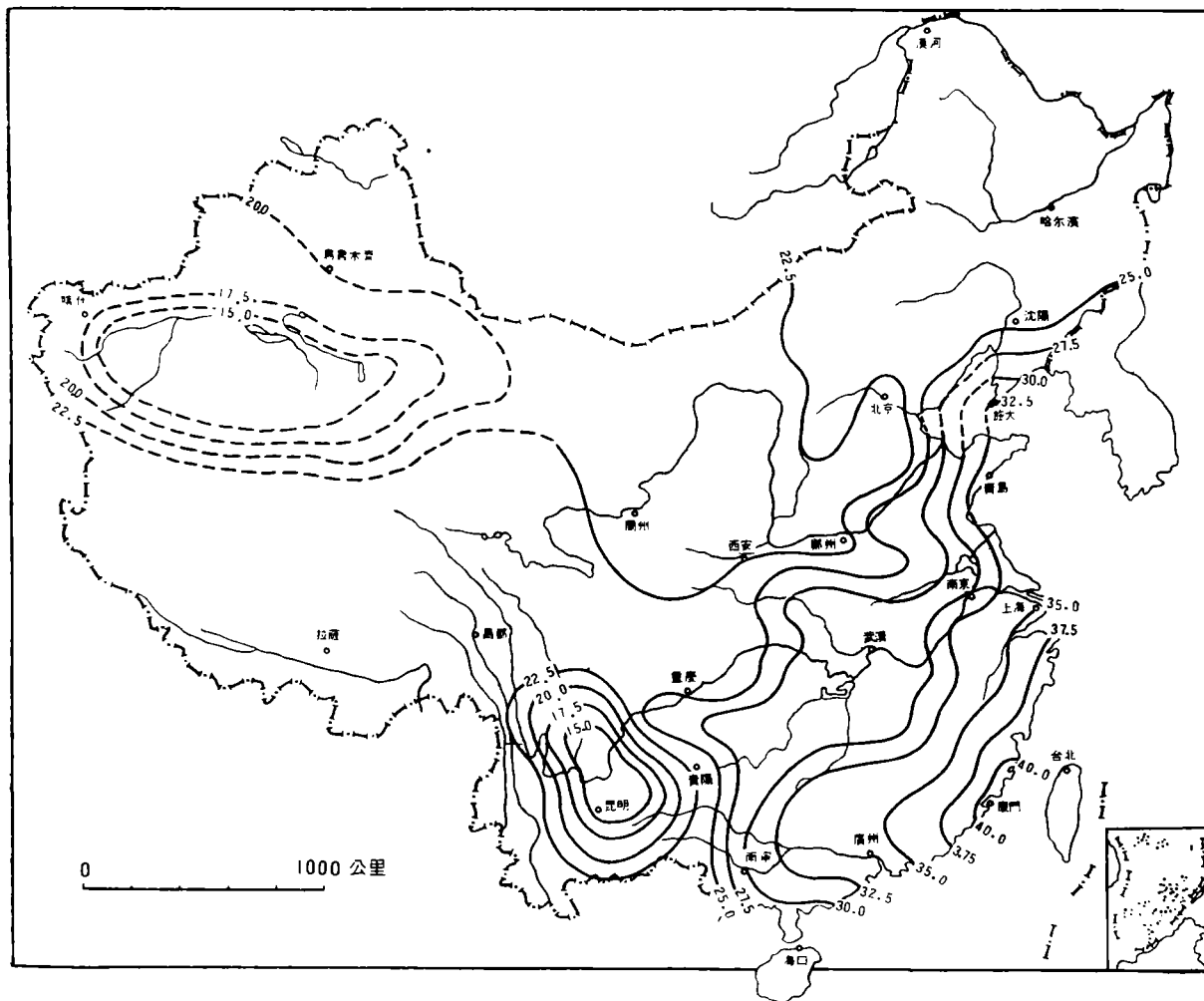


图 5 年平均辐射与年平均气温出现日期之差 d

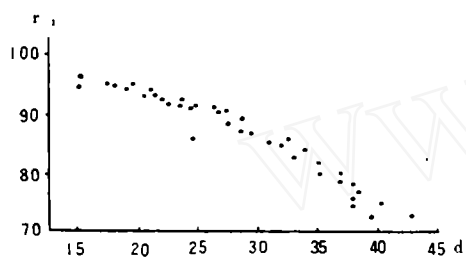


图 6 d 与 r_1 的关系

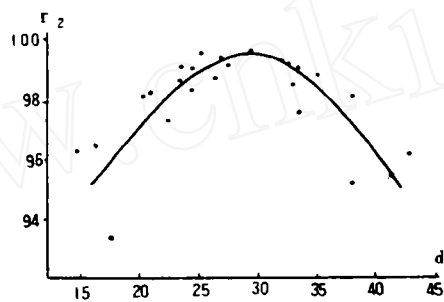


图 7 d 与 r_2 的关系

四、春秋溫特征

前面說过,太阳輻射是形成气温年变的决定因素。但海陆分布和大气环流因素却影响它們間的相关。現在我們具体的討論各地区輻射-气温相关图的气候意义。为了避免位相落后影响,我們只研究輻射-气温前后月相关图的特征。这样既便于分析,同时也能与通常关于气温落后于輻射一月的概念联系起来。并且以連結 12月輻射所对应的 1月气温与 6月輻射所对应的 7月气温,作为标准相关綫。若前后月輻射-气温完全相关,代表

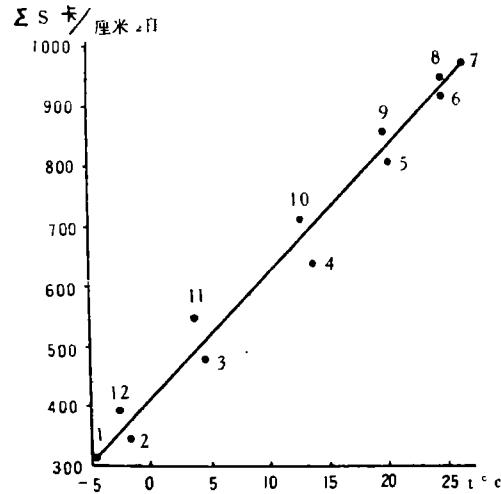


图 8 輻射-气温前后月相关(北京)

各月的点子都将落在标准綫上。实况当然与此有别。点子将散布在此綫左右两侧(图 8)。位于綫右的点子表示,在相应的輻射条件下,該月温度偏高。相反,落于綫左者即为偏低。我們算出代表北緯 25°、30°、35°、40°、45° 16 站各月气温偏离情况(图 9)。图上零綫即为图 8 的标准相关綫,零綫之上为正(标准綫之右);零綫之下为負(标准綫左)。显然,图 9 所反映的偏离情况,均与各站的气候状况有关。

由图 9,首先是大陆各站春温偏高,秋温偏低,并且以緯度高,空气干燥地区愈甚(长春,烏魯木齐,北京,喀什)。显然这与春季干旱,气温因輻射受热急驟上升有关。至于秋温偏低現象,則可能和蒸发耗热相对較多所致。武汉、桂林两地春季受极鋒活动影响,云雨天气較多,故增温緩慢,实际气温略低。該两地的秋温偏低,可能和寒潮入侵有关。华西秋雨也会使成都、西安的温度降低。

沿海站的情况就大不相同。这里除了与大陆各站同受大气环流影响外,还受海洋的巨大影响。旅大虽春季干燥,但春季增温却因海洋冷却影响而減弱,以致反而偏低。秋季,海洋增暖作用強烈,因而秋温偏高。这种特征与同緯度的大陆站北京、喀什适成对比。上海、厦門春温偏低特多,是海洋冷却和春末夏初的梅雨天气的共同結果。和新海連、上海相比厦門秋温又复偏高,这是浙閩山地对于冷空气的屏障作用,寒潮影响相对小些。于是海洋的增暖作用重新显示出来。

根据图 9 討論各地冬夏气温的偏差較为困难。因为 1,7 月的偏差均等于零。但对于位相落后显著的沿海地区,8 月气温偏高現象,是十分明显的。冬季,由于強盛的冬季风影响,除厦門外,各沿海岸 2 月气温就不很显著。

就全年而論,各月偏差的代数总和,大概正好以 35°N,即新海連—开封—西安—黄河沿为界。此綫以北,总和偏高;此綫以南,总和偏低。若将总和除以 10(全年中 1,7 月的偏差为零,不計在內)并求其緯度平均,那么就得到表 1。

从表 1,我們可看出如下較为一般的規律性: 35°N 以北,春季增温急驟,远超出秋季的負偏,所以全年偏高。并且緯度愈高,正偏愈大。35°N 以南,春秋两季的温度均偏低,

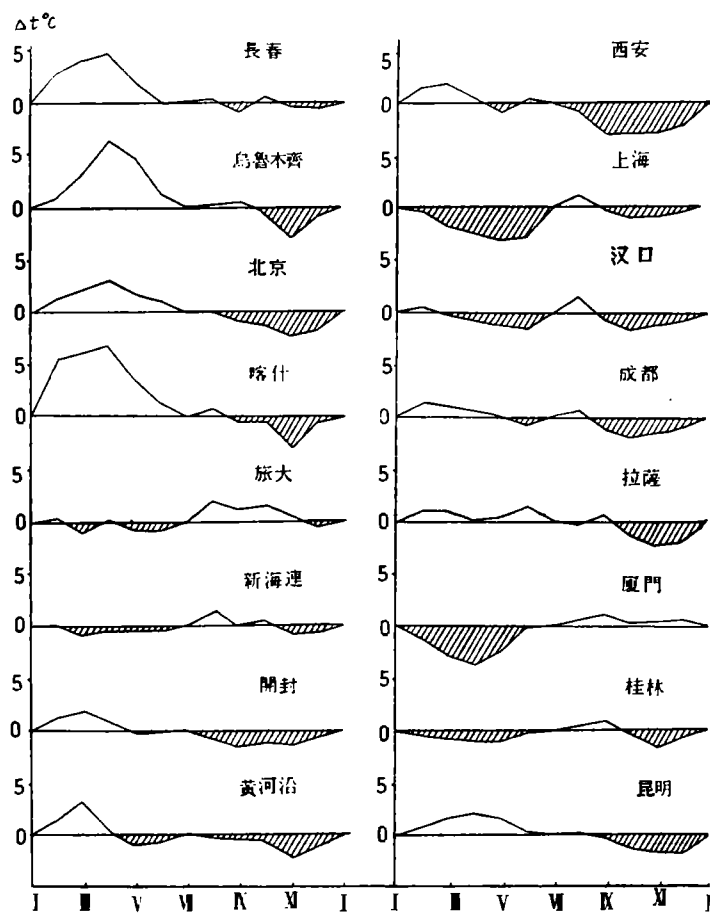


图 9 各站实际气温的偏离

表 1 各緯度全年平均偏差

φ	25°	30°	35°	40°	45°
$\Delta t^{\circ}\text{C}$	-0.38	-0.59	-0.23	0.87	1.27

于是全年偏低。25°N 的負偏較 30°N 为小，主要原因是低緯地区年較差本来不大，月际变温有限，偏温自然不大。35°N 正好处于过渡的条件下，春季的正偏接近于北方，而秋季的負偏温，則又与南方相似。

应该指出，表 1 与 Baur^[5] 所計算的全球各緯度輻射平衡温度与实际温度的差值，符号是很相一致的。表 2 即为 Baur 的計算結果。

最后，討論一下春秋温的比較問題。通常在气候学教本或文献中，經常以春秋温对比来表征某一地区的气候特点。有人把秋温高于春温作为海洋气候的唯一特征提出^[2]，也有人以春秋温的半和和半差与年較差的比值，表征气温的不对称和相时落后的程度。但是，从我們所討論的輻射-气温相关分析来看，通常以 4、10 月互相对称的前提是不甚妥当

表 2 各緯度輻射平衡溫度与实际溫度的分布^[5]℃

溫 度	緯 度									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
輻射平衡溫度	39	36	32	22	8	- 6	-20	-32	-41	-44
实际溫度	26	27	25	20	14	6	- 1	- 9	-18	-22
溫度差	-13	- 9	- 7	- 2	+ 6	+12	+19	+23	+23	+22

的,特别是对高緯度地区如此。如果我們以輻射-气温前后月相关,并以1—7月連綫为标准相关綫。10、4月气温所对应的9、3月輻射之差的百分数 $(\frac{S_9 - S_3}{S_9} \cdot 100\%)$ 就列在表3上。由表,緯度愈高,差值百分数愈大。40°N以北,9—3月輻射量之差可达10%以上,

表 3 9月与3月輻射之差的百分比

φ	25°	30°	35°	40°	45°
$\frac{S_9 - S_3}{S_9} \cdot 100\%$	3.5	6.3	7.8	10.3	12.0

那末前面9—3月輻射对等的前提就难以成立。根据1—7月相关綫,不管何站,10月气温均較4月为高。为了比較,我們列出10—4月标准温差和实际温差(表4)。由表可見,

表 4 10—4月标准温差 $\Delta t'$ 和实际温差 Δt (℃)

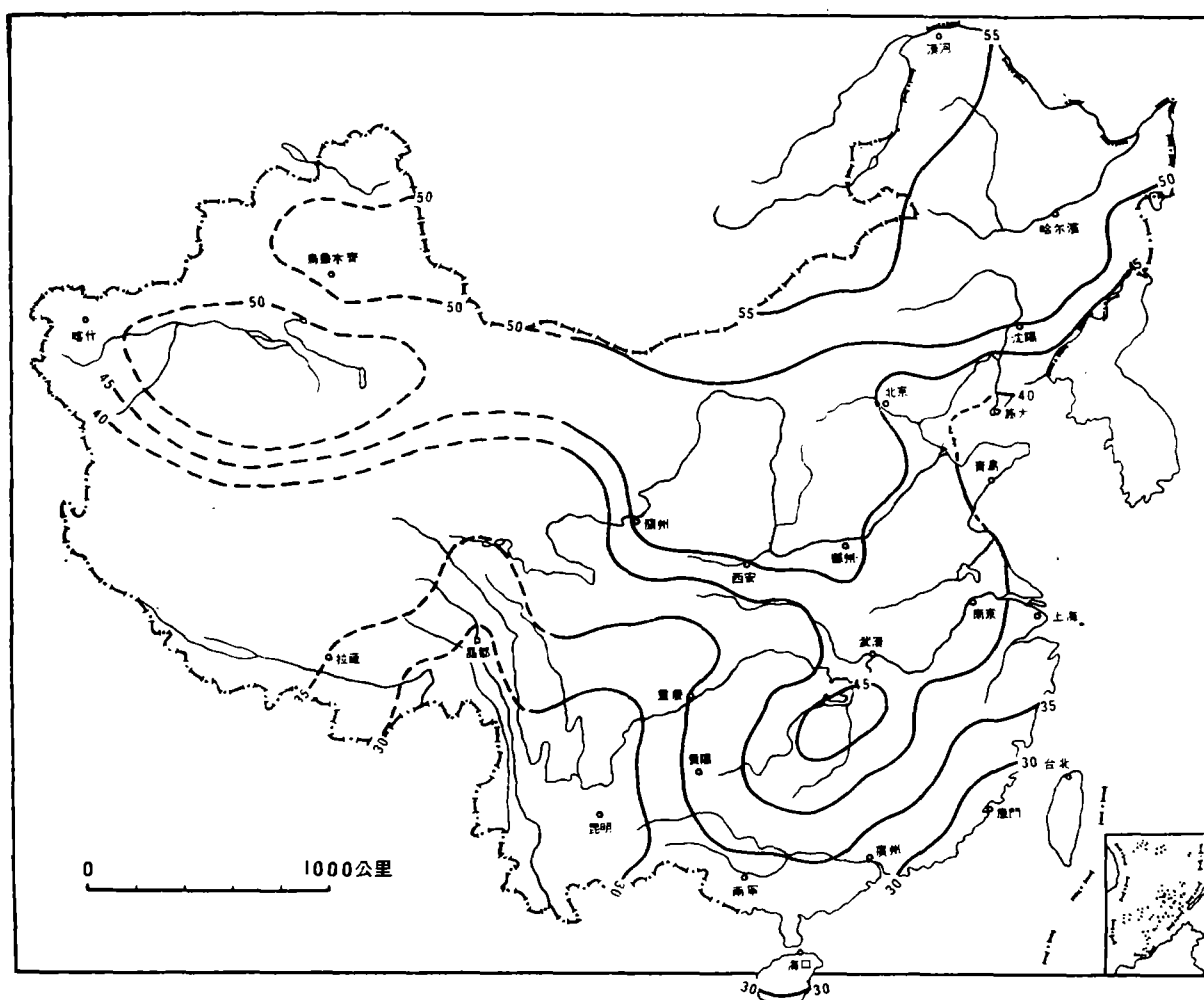
站 名	厦 門	武 汉	开 封	北 京	喀 什	旅 大	长 春
$\Delta t'_{10-4}$	1.4	3.0	3.0	3.4	3.8	2.9	4.6
Δt_{10-4}	5.3	2.1	1.0	-0.9	-3.5	4.4	0.2

尽管实际温差与此出入較大,这除了說明下垫面特征和环流影响很大以外,无法从实际温差中得出秋温高于春温是海洋气候所唯一特有的結論。因之,單純以10—4月实际气温表征气候是不全面的。比較春秋温状况,一定要考虑由于不同太阳輻射量所产生的影响。

五、輻射气温迴歸系数分布

仅以輻射-气温相关系数大小,表征輻射对气温年变化形成的作用,仍然是不够的。因为即令在同一相关系数下,单位強度的太阳輻射的增温效果,可以相差很大。于是就有进一步討論輻射-气温迴归系数的必要。輻射-气温迴归系数的物理意义是,当月平均輻射增加1卡/厘米²时,月平均气温应增加的度数。亦即表示輻射-气温相关直綫的斜率。对于同一緯度,年較差大的地方,迴归系数就大。

图10是輻射-气温迴归系数 α 在我国分布。由图,在北緯35°以北地区(少数沿海地区除外) α 都在0.0450以上。同时,除塔里木盆地可能自成一高中心外,等值綫大致呈緯圈方向。这表明在此广大区域内,輻射对气温年变的作用是相同的,同样的輻射量,相

图 10 辐射气温回归系数 $d(10^{-3}$ 度/卡) 分布

近的年较差。

华中华南地区,等值线的纬向分布受到破坏,成了东西低中央高的形势,并且在两湖盆地形成闭合高中心。长沙的 a 值为 0.0454,与酒泉、兰州相当。沿海地区 a 的减少表明了海洋的影响;而由中央向西递减,则是地势抬高的结果。于是处于中间的长江中游广大地区, a 值相形较高。此外,从环流特征言,它所造成的夏季高温,和冬季强烈寒潮入侵,也致使该地区 a 值增大。花蓮,榆林港位于海洋环绕的岛屿上, a 值最小,分别为 0.0200、0.0247。这些地区大量辐射热量消耗在下垫面的蒸发以及海陆热力交换等过程中了。

结束本文的时候,我们想对气候大陆度的实质提一点看法。朱炳海和 E. Ф. 巴宾柯夫 (Бабенков)^[6] 最近分别提出以气温年较差与辐射年较差的比值表示气候大陆度。实质上这个比值是辐射-气温完全相关下回归系数的特例。气候大陆度,作为表征陆地对气候影响的程度的指数(海洋度也一样)被提出。受陆地影响大的地方,大陆度就大。它表

現在气温特征上,則是年較差增大;位相落后日数減少;春秋温很少偏离。这里辐射因子成了唯一主要的原因。相反,在大陆度小的地区,海洋影响显著,气温年較差小;位相落后很多;春温特低,秋温特高,辐射因子作用大大减弱。以上这些特征如以本文所使用的辐射-气温相关系数、迴归系数表示,必然是大陆地区相关系数、迴归系数都大;海洋地区,两者均小。于是就产生这样的想法,即所謂气候大陆度,实质上是太阳辐射因子在形成各地气候中的作用問題。这样,問題倒是清楚得多了。

六、小 結

綜合前述,初步可得出下列几点看法:

1. 辐射-气温月月对应相关分析結果表明,太阳辐射在形成气温年变化中起了决定的作用。除华中华南外,全国各地辐射-气温相关系数都在 0.900 以上,东南沿海最小,但也在 0.720 以上。低緯度地区相关增大,是与辐射年較差小,环流和下垫面影响相对加强的結果所造成的。
2. 引起辐射-气温相关变化的直接原因是下垫面湿润状况(以年降水和年平均绝对湿度表示)。而气温位相落后日数,則是此种影响的另一表现形式。落后愈多,相关愈小;落后愈少,相关愈大。
3. 大气环流的月际变化对于辐射-气温相关的影响,主要表现在散布图的特征上,引起各月实际气温对标准气温的偏离。这在春秋季节特別明显。
4. 綜合辐射-气温相关系数(r_1),迴归系数(a)能更好地表述辐射在形成各种气候中的作用。我国甘新地区 r_1 与 a 均大,辐射作用最大;黄土高原、内蒙、东北、青藏高原次之,两湖盆地 a 較大, r_1 較小;海南島和云貴高原 a 小 r_1 大,說明环流和下垫面影响有不一致的地方。东南沿海两者均小,表明辐射影响相对减少,下垫面特征影响增大。

参 考 文 献

[1] К. Я. Кондратьев: Некоторые итоги и перспективы развития актинометрии и атмосферной оптики. Актинометрия и атмосферная оптика. 1961г.
[2] 么枕生: 气候学原理。科学出版社, 1959 年。
[3] 么枕生: 由年温变化之谐波分析論中国气候。地理学报 18 卷 1951 年。
[4] 朱炳海: 中国气候。科学出版社, 1962 年。
[5] Х. П. Погосян: Общая циркуляция атмосферы. 1959г. Гидрометиздат.
[6] Е. Ф. Бабенков: Возможный способ количественной характеристики континентальности климата. Известия ВГО 1961г. Том 93, Вып. 1

РОЛЬ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ В ФОРМИРОВАНИИ ГОДОВОГО
ХОДА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В КИТАЕ

Ун Ду-мин
(Наанкинский Метеорологический Институт)
(Резюме)

Главная цель настоящей работы заключается в том, чтобы путем корреляционного анализа выявить роль солнечной радиации в формировании годового хода

температуры воздуха и дать ее количественную оценку.

Всем известно, что годовой ход температуры приблизительно описывает кривую синусоида, похожую на годовой ход солнечной радиации, и являющуюся главным образом следствием последней. А характер подстилающей поверхности и условия циркуляции в этом играют второстепенную роль, и могут отклонять температурный ход от нормального или изменять его фазу. Все эти могут вызвать существенное изменение коэффициента корреляции между астрономической радиацией и температурой воздуха данного месяца.

Анализ распределения коэффициентов корреляции между солнечной радиацией и температурой одного и того же месяца показывает, что радиационный фактор в формировании годового хода температуры играет решающую роль. В обширной области к северу от 35° с. ш. (кроме побережного района) и к западу от 105° в. д. коэффициент корреляции достигает 0.90 и выше. А в юго-восточном районе побережья страны коэффициент еще сохраняется на уровне 0.72. Что касается увеличения коэффициента корреляции в местах низких широт на Юннанском плато и острове Хайнан, то его можно объяснить уменьшением годовой амплитуды радиации и относительным увеличением влияния циркуляции.

Было найдено хорошее соотношение между коэффициентом корреляции и годовой суммой осадков, средней годовой абсолютной влажностью воздуха. Чем больше количество осадков и влажность, тем меньше коэффициент корреляции.

Для характеристики опоздания температурного хода от радиации были вычислены разности дней между датами появления средней годовой радиации и средней годовой температуры. Оказывается, что распределение количества дней опоздания температуры от радиации зеркально отражает картину коэффициента корреляции. Центр высокой корреляции становится областью с наименьшим количеством дней опоздания. Район низкой корреляции соответствует наибольшему количеству дней опоздания. Таким образом можно считать, что главной причиной, вызывающей изменение коэффициента корреляции является опоздание температурного хода от солнечной радиации.

Влияние атмосферной циркуляции на радиационно-температурную корреляцию отражается в характере корреляционного графика. Оно может вызвать отклонение фактической месячной температуры от нормальной, отчитанной по линии корреляции. Все эти отклонения хорошо согласуются с климатической особенностью данного района.

Сочетание радиационно-температурного коэффициента корреляции с коэффициентом регрессии, повидимому, может еще лучше охарактеризовать роль радиации в формировании температурного хода.

В заключении высказано мнение о том, что суть континентальности климата заключается в роли радиационного фактора в формировании климатического режима того или иного района.

В библиографии 6 названий.