

中等气象学校讲义

气候学

(气候学基础知识与中国气候)

气象专业用

北京气象专科学校编

1965年8月

目 录

序言	1
第一章 气候形成的辐射因子	
一、日、季、年辐射总量	3
二、总辐射	5
1. 我国太阳总辐射的年变化	5
2. 我国年总辐射的空间分布	8
三、地面辐射差额	9
1. 辐射差额的意义及其影响因子	9
2. 辐射差额的时空分布特点及其对气候的影响	10
四、地面热量平衡	12
第二章 气候形成的环流因子	
一、一般大气环流	14
行星风系、大气活动中心、气团、气候锋、气旋、反气旋、季风	14
二、大气环流的热量输送和水分输送	18
三、我国的季风现象	21
1. 我国季风的形成原因	22
1) 海陆分布和热力差异的影响	22
2) 青藏高原的影响	22
2. 我国季风环流特点	23
1) 冬季风	23
2) 夏季风	24
3) 过渡形势	25
3. 我国季风的分布	25
4. 季风对我国气候的影响	27
第三章 气候形成的地理因子	
一、海陆对气候的影响	29
1. 海洋性气候和大陆性气候的差异	30
2. 海洋性气候和大陆性气候的分布	31
二、地形对气候的影响	31
1. 地形对辐射的影响	32

辐射情况随高度的变化	32
斜坡对辐射的影响	32
2. 地形对温度的影响	34
3. 地形对气流的影响	36
4. 地形对降水的影响	36
5. 垂直气候带和气候分界线	37
6. 我国的地形特征及其对气候的影响	38
1) 西高东低的地势	38
2) 各种走向的山脉	38
3) 大小不同的高原	40
4) 各种类型的盆地	42
5) 几处重要的气流通道	42
三、下垫面特性对气候的影响	43
1. 起伏地形的影响	43
2. 土壤的影响	46
3. 植被的影响	47
4. 水区的影响	48
5. 人类活动的影响	48
第四章 中国气候特征	
一、我国的季节划分	50
1. 天文、气候上的季节划分	50
2. 二十四节气	51
二、温度特征	53
1. 四季气温的分布	53
2. 温度的年变化	54
3. 极端温度分布	55
4. 初、终霜日期与无霜期	55
三、降水特征	57
1. 我国的水汽来源	57
2. 降水的空间分布	57
3. 降水的时间变化	59
4. 降水变率	60
5. 降水强度	61

6. 冰雹	62
四、风向与风速	62
1. 风向的变化	62
2. 风速的变化	63
3. 大风	64
五、湿度、云、雾、日照	64
1. 湿度	64
2. 云量	66
3. 雾	66
4. 日照	67
第五章 气候分类和气候区划	
一、气候分类与气候区划	68
二、我国的气候分类与气候区划	69
1. 气候分类	69
2. 气候区划	71
三、中国的气候区	71
1. 华北地区的主要气候特征	71
2. 东北地区的主要气候特征	73
3. 内蒙地区的主要气候特征	75
4. 甘新地区的主要气候特征	76
5. 华中地区的主要气候特征	77
6. 华南地区的主要气候特征	79
7. 康滇地区的主要气候特征	81
8. 青藏地区的主要气候特征	83
第六章 气候异常和气候变迁	
一、气候异常	84
1. 气候异常的概念	84
2. 我国降水异常的一般情况及其原因	85
二、气候变迁	90
1. 气候变迁的概念	90
2. 历史时期的气候变迁概况	90
3. 气候变迁的原因及研究的意义	93
三、人类活动对气候的影响	94

序 言

一、气候的概念

气候和天气是两个完全不同的概念，但是二者之間又有非常密切的联系。

天气，是一定地区在較短時間內各种气象要素的綜合。一地的天气是千变万化的，今天的天气与昨天的天气，这个月的天气与下个月的天气，今年的天气与去年的天气，都有很大差别。因此，对于一月、一季或者一年等較长时期內的气象情况，就不能用个別的和短时间的天气来反映，只有經過几十年或更长的时间，从长期的过程中，找出經常出現的、情况相近的天气，用来反映一月、一季或一年較长时期的情况，才比較合理，比較真实。例如，北京到了春天，今天刮风，明天刮风，过了几天又刮风；今年春天如此，明年春天差不多也是这样，年年的春天都有許多天刮风，把这种情况綜合起来，我們就可以下結論說：北京的春季是多风的季节。这种綜合情况，即反映出該地在較长时期內所表現的一种气候特征。

不过，只將經常出現的一般天气情况概括为一地的气候特征是不够的。例如 1956 年 7 月在江南一帶不少地方出現了百年未遇的高溫，与此同时，东北的各条大河却又发生了超过历史上有記載以来最高水位的特大洪水。像这样与“一般情况”或“平均情况”相差很大的“特殊情况”或“极端情况”也应该包括在气候概念之內，而且所发生的特殊情况，即使是在很多年只出現过一次，也算是这个地方的气候特征。

由此可见，一个地方的气候特征和演变規律，只有通过多年观测各种气象要素和气象現象，并对之进行分析綜合归納，才能得出比較全面的結論。如果没有个別的气象資料和天气情况，就不会获知該地的气候情况。但从另一角度来看，气候又是天气变化的背景，例如我国气旋活动之所以春夏最多，而秋季最少，就是在我国具体的气候背景中，可能产生的必然結果。

因此，某一地方的气候，是指在該地复杂的自然地理环境約制下，多年所特有的大气物理現象和变化过程。

二、学习气候学的目的和方法

气候学是研究气候形成过程、特征、分布和演变規律，以及气候分类等的科学。

学习气候学的目的，在于了解太阳輻射、大气环流、地理因素等在气候形成中所起的作用，气候的形成过程和演变規律；掌握我国气候的时空分布特点，气候資料的分析

整理方法等，以为国民經济建設和国防建設等各方面提供有关气候方面的科学依据。

气候学是服务性較强的科学，根据以生产服务为綱，以农业为重点的气象业务方針，需要对各个国民經济部門和国防部門进行气候服务。而当前則应着重为农田建設服务；为旱涝保收、稳产高产农田规划提供气候資料和气候分析資料，并着重揭露旱、涝、风、冻等天气灾害的气候規律和主要的有利气候条件；在旱涝保收、稳产高产农田建設地区，分区进行必要的地方气候調查、观测、分析，以及初步的研究，为农田的生产安排和基本建設，提供气候数据。

为了达到上述学习目的，并为今后更好地进行气候服务打下必要的基础，在学习本課程时，首先应该充分了解影响气候形成各項因子的作用，中国气候特点和与补充預报有关的气候背景，掌握开展气候服务的工具和方法。

其次，为了深刻地掌握所学內容，除应注意与有关学科的联系外，还应进一步了解与开展服务有关的生产知識。

此外，在学习中必須重視联系实际和具体实践；重視实际气候資料（包括图、表和数据等），注意資料的来源和产生資料的地理环境；随时培养运用已有知識結合具体資料、情况和需要，进行分析和綜合，找出事物內在規律，揭示气候情况和特点的技能，以不断鍛鍊提高从事实际工作的本領。

第一章 形成气候的辐射因子

在大气中所发生的一切物理过程和天气现象的主要原动力是太阳辐射。由于气候是指长期平均的天气状况，所以太阳辐射是最重要的气候形成的因子之一。不同地区，不同季节的气候差异主要是因到达该地太阳辐射量不同而引起的。本章主要阐述辐射情况在气候形成过程中所起的作用。

一、日、季、年辐射总量

在大气非常透明的情况下，地面上所得的太阳辐射随纬度的分布和季节的变化，与不考虑大气影响的理想情况下，计算所得的情况是相差不大的。因此，在讨论太阳辐射对气候的影响时，应从大气上界的理想情况着手，这一方面使问题简化；另一方面也能突出太阳辐射对气候影响的实质，并为进一步在考虑大气、地表性质不同的实际情况下，讨论辐射对气候的影响时打下必要的基础。

在大气上界的理想情况下，太阳直接辐射就直接决定了当地的冷热情况，所以考虑太阳辐射的时空变化规律也就相应地了解了气候的时空变化规律。

在任一单位水平面积上，在一分钟内所得的太阳辐射 S' 可由下式表示：

$$S' = \frac{S_0}{r^2} \sin h$$

其中 S_0 是太阳常数， r 是日地距离， h 是太阳高度角， S' 的大小主要决定于太阳高度角 h 的大小，其次是日地距离 r 。亦即大气上界的太阳辐射强度与太阳高度角的正弦成正比与日地距离的平方成反比。由于太阳高度角和日地距离均随纬度和时间而变，因此，在不同纬度上不同时间内的太阳辐射强度都有所不同。

要了解某地区一年，一季或一个月的气候情况，用太阳辐射强度就不能说明问题，而应求太阳辐射总量。对上式从日出到日落进行积分，即可求得日辐射总量，也即是一日内一平方厘米水平面积上所得的太阳辐射能量的总和。若对某一地点来说

昼愈长，日辐射总量愈大；夜愈长，则日辐射总量愈小。同理可求得一季、一年内太阳辐射能量的总和，称为季、年辐射总量。下面所讲述的季辐射总量是指夏半年（春分到秋分）和冬半年（秋分到春分）的辐射总量。

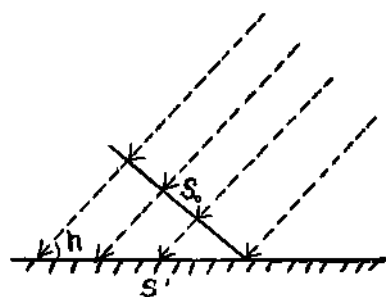


图 1.1 地平面上的太阳辐射强度

日、季、年辐射总量的大小决定于太阳高度，昼夜长短和日地距离。根据计算，可以将所算得的日、季、年辐射总量绘成下列两图。图 1.2 是表示在纬度不变的情况下，辐射总量随季节的变化情况，图 1.3 是季、年辐射总量随纬度的变化情况。从这些图上我们可以看出以下几个特点：

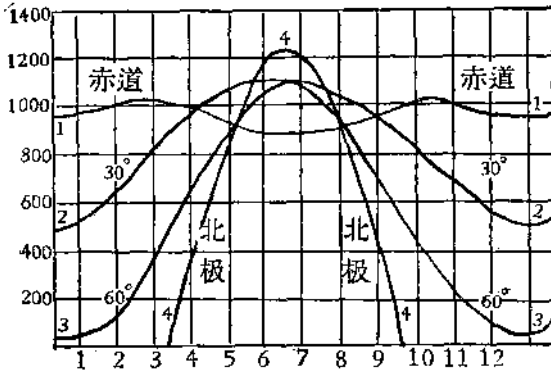


图 1.2 各纬度上的辐射年变化

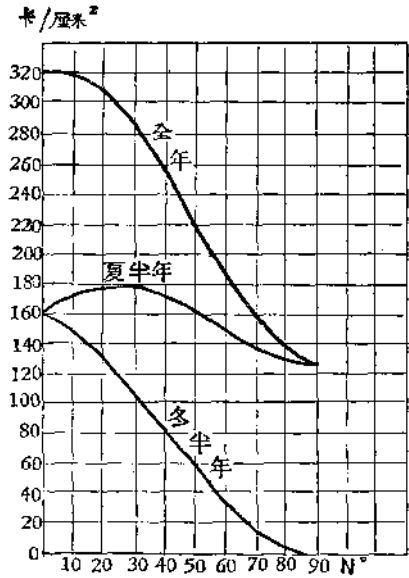


图 1.3 季、年辐射总量随纬度的变化

1) 从图 1.2 中可知，赤道上的日辐射总量全年有两个最高点，时间在春分和秋分，这是由于太阳两次直射所致；自赤道向两极的辐射日总量由一年两个最高点逐渐合为一个，北半球以夏至为最多，这主要是因为太阳每年一次直射，强度增强和昼长的缘故。这种分布特点使低纬气温的年变亦呈二高二低型，中高纬度的气温年变化为一高一低型。

2) 纬度愈高的地区，太阳辐射日总量的年变化愈大。这一特点产生了二方面的气候效应：首先是在低纬度地区，一年四季所得到的辐射总量不但多，而且年变化很小，因此终年温度较高气温年变化亦小，从气候观点来说，就没有四季之分。高纬度在夏季辐射总量很大，在春秋分以后，辐射总量迅速减少，甚至等于零，辐射年变化很大，气温年变趋于极端，过渡季节不明显，所以只有冬夏季之分。而在中纬度地区辐射总量既不象低纬度变化微小，也不象高纬度变化那么单纯，从冷到热和从热到冷的过渡季节很明显，因此有四季分明的气候特点。由于我国大部分地区处在中纬度地带，所以大部分地区都

表 1.1 气温年较差

地 点	纬 度	经 度	年 较 差 (°C)
安 阳	36°07'	114°22'	29.2
开 封	34°46'	114°27'	27.9
信 阳	32°07'	114°05'	26.7

有四季之分，但向南是夏季增长，向北是冬季增长。

其次，辐射总量年较差随纬度的增高而增大的特点，影响到我国温度年较差随纬度的增高亦增

大。(見表1.1)

3) 从图 1.3 中可見夏半年获得太阳辐射量最多的是在 20—25° 的緯度上, 由此向极地或赤道都逐渐地减小。但因夏半年緯度愈高, 日照時間愈长, 所以在夏半年南北之間的辐射差异較小, 这也影响了夏半年南北之間的溫度差异較小。如 7 月分北京和广州二地溫度只差 2°C 左右。

4) 冬半年获得太阳辐射最多的是赤道, 随緯度的增高迅速减少, 在极地辐射量为零。因为在冬季北半球太阳高度角和昼长时数都見随緯度的增高而减小和变短的, 所以在冬半年南北之間的溫度差异就較大。如 1 月分北京和广州二地溫差达 18°C 左右。

5) 全年获得太阳辐射总量最多的是赤道, 随着緯度的增高, 辐射量便逐渐减少, 极小值出現在极地, 因此溫度由南向北也是逐渐递减的。

6) 由图 1.2 和图 1.3 中都可以看出: 在同一个緯度带上一一年、一月或一日內所得到的辐射总量都是相同的, 所以辐射总量具有与緯圈平行成带状分布的特点, 这也是气候的一个基本特征。

上面所讲述的是理想情况下太阳辐射的时空分布特点, 以及由此而产生的一些气候效应。如果考虑到大气的存在, 太阳辐射在通过大气的途中, 由于空气分子、水汽、尘埃等吸收、散射、反射等作用, 太阳辐射不仅在量上有很大削弱, 而且在质的方面也受到影响, 即短波部分直接到达地面的减弱很多, 而长波在大气中的損失則很少。另外, 有了大气存在和下垫面性质的不同, 也引起了辐射形式的很大变化。在大气上界只有直接辐射, 而在实际情况中除太阳直接辐射外, 还有散射辐射、地面辐射、大气逆辐射等不同的辐射形式, 构成了一个辐射体系。

二、总 辐 射

总辐射是地面的主要能源, 是辐射差額的主要組成部分, 它的分布和变化能影响到溫度場和气压場的分布和变化。因此它是气候形成和变化的主要原因。

总辐射的大小是随着太阳高度角、大气透明系数、云量、海拔高度等因子而变化的, 因此分布情况比較复杂, 上述大气上界較单調的变化規律将受到不同程度的破坏。云量对总辐射的影响很大尤其是低云量对总辐射的削弱作用更为明显。

1. 我国太阳总辐射的年变化

根据資料将不同地点繪制成下列图 1.4 和表 1.2, 从图表中可以看出我国太阳总辐射的年变化特点:

1) 月总辐射最大值和最小值出現時間: 从图 1.4 可知, 我国广大地区內月总辐射最大值出現在 4—8 月的时段內。一般說来, 我国西北沙漠地区和青藏高原月总辐射最大值出現在 6 月。如敦煌由于全年云量較少, 尤其是低云量更少, 所以总辐射的大小主

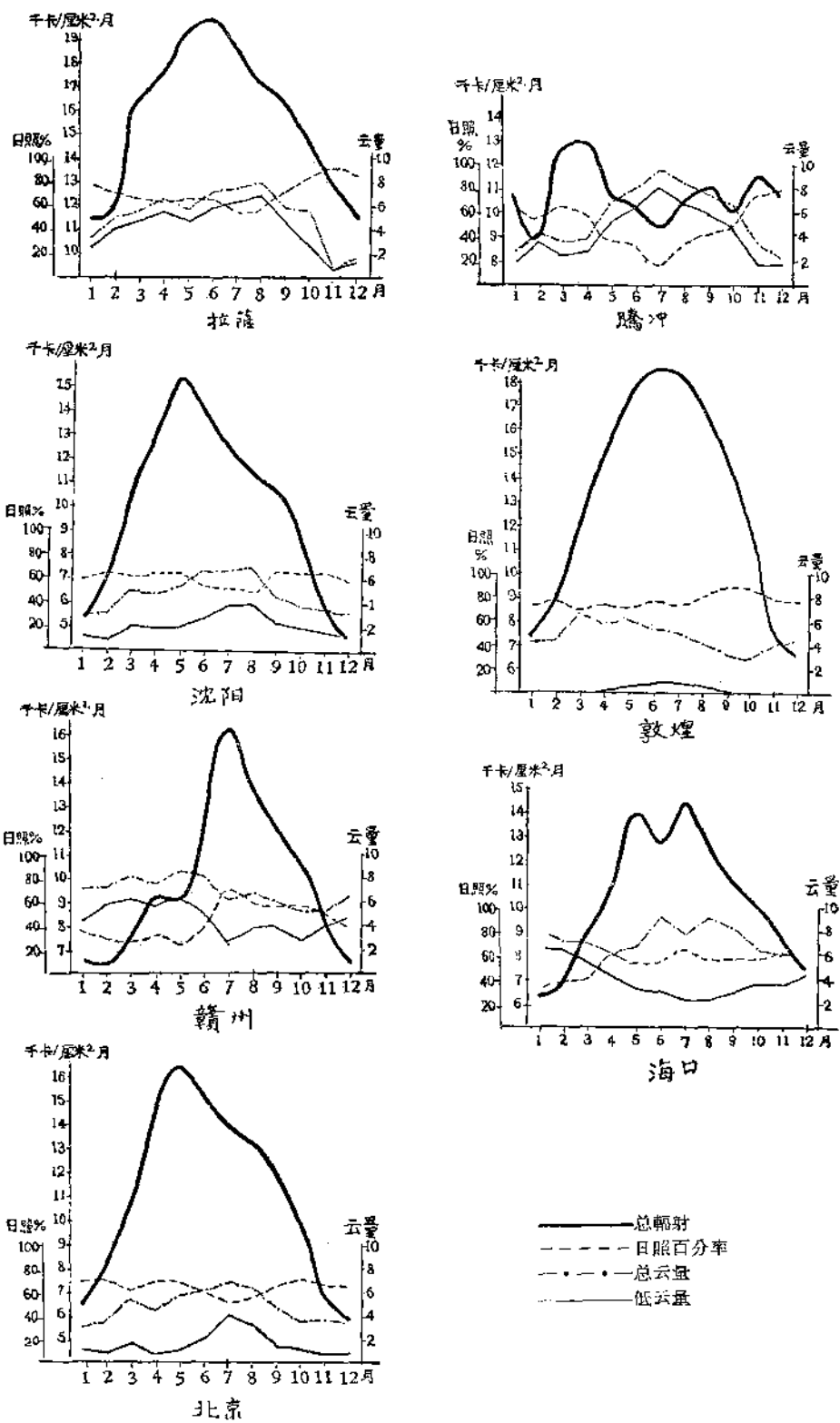


图 1.4 太阳总辐射的年变化及共和云量、日照的关系

要决定于太阳高度角；而拉萨地势高，总辐射的大小主要决定于辐射强度，也就是决定于太阳高度角，所以都以6月为最大。

长江以南地区最大值出现在7月，如赣州等地。这主要是7月以前是梅雨季节，云量多，而7月分受高空高压脊的控制，天气晴朗，因而达到最大值。

云南干湿季明显的地区，最大值出现在3—5月，如腾冲即出现在4月。因为4月正处在雨季到来之前，春季少云的缘故。

而内蒙东部、华北北部和东北南部的最大值都出现在5月，如北京和沈阳等地区夏季受东南气流的影响，因而在季风到来之前的干燥季节出现了最大值。

另外，在纬度较低的地区，如海口(20°N)出现了二次最大值，呈二高二低型，这是与太阳高度一年中有两次直射和云量少等有关。

冬季我国盛行单纯的极地大陆气团，辐射情况相对地较稳定，总辐射的最小值大多出现在太阳高度最低的12月。但在中国南部地区，如赣州等地，由于1、2月的总云量和低云量都比12月大，因而1、2月的总辐射受到了较大的削弱，出现了最小值。

2) 总辐射的年振幅：从表1.2中可见，总辐射的年振幅一般是随纬度增高而增加的。这首先是与冬季太阳高度最低时，总辐射值由南向北迅速减少有关；其次，夏季正午的太阳高度虽自南向北减小(指23°27'N以北地区)，但日照时数自南向北增加，且夏季云量的影响是自南向北减少的，这些原因导致了总辐射的年振幅自南向北迅速增加。

在太阳高度角冬夏季相差不大的地区，如腾冲等地区，总辐射的年振幅很小，仅4.1千卡/厘米²。

凡是夏季云量多，日照少的地区，总辐射年振幅也是较小的，如纬度相同的西部沙漠地区敦煌和东部沿海地区北京比较，因云量的不同，总辐射的年振幅使前者大于后者。又如成都比汉口的总辐射年振幅要小。

表 1.2 总辐射月最大、最小值出现月分和年振幅(千卡/厘米²)

地 点	最大值	最小值	年振幅	地 点	最大值	最小值	年振幅
二 连	17.8(5)	5.5(12)	12.3	拉 萨	19.8(6)	11.5(12)	8.3
敦 煌	18.5(6.7.)	6.6(12)	11.9	成 都	11.8(7)	4.0(12)	7.8
北 京	16.4(5)	5.7(12)	10.7	腾 冲	13.0(4)	8.9(2)	4.1
沈 阳	15.4(5)	4.5(12)	10.9	赣 州	16.2(7)	6.4(2)	9.8
郑 州	14.6(6)	6.0(12)	8.6	南 宁	13.3(8)	5.6(1)	7.7
汉 口	15.2(7)	5.7(12)	9.5	海 口	14.4(7)	6.4(1)	8.0

3) 季总辐射量的变化：我国大部分地区季总辐射量以夏季为最大，春季次之，秋季更小，冬季最小。

春季，由于自春分日后北半球的日照时数随纬度增高而增长，因此北部地区总辐射

值比南部地区大，如由表 1.3 中北京、汉口、赣州、广州的数值即可证明。

夏季总辐射的最大值出现在沙漠地区和青藏高原上。如敦煌和拉萨都达 54 千卡/厘米²以上。

秋季的主要特点是长江以南的东南地区秋季总辐射大于春季，例如赣州等地即有此特点。

冬季的主要特点是在腾冲等低纬度地区，冬季所得的总辐射与夏季相当。

根据上面对总辐射年变化的讨论可以知道：我国内陆地区总辐射的年振幅大于沿海地区；东南沿海秋季总辐射大于春季；西南地区冬、夏辐射量近于相等；北方春季总辐射最大。这些特点和我国内陆地区气温年较差大，春

表 1.3 季总辐射量(千卡/厘米²·季)

地 点	春	夏	秋	冬
北 京	41.4	42.4	28.4	20.3
敦 煌	44.6	54.0	34.7	22.9
拉 萨	53.6	55.3	44.2	35.0
汉 口	27.7	41.1	26.8	18.0
腾 冲	36.5	30.3	32.7	30.3
赣 州	25.9	42.2	30.9	19.4
广 州	24.7	35.7	32.8	22.4

季升温快，长江沿海地区秋温高于春温，云南地区四季如春等的气候特点都是符合的。因此不难看出，对于太阳辐射能量的收入无疑是决定温度的重要因子之一。

表 1.4 相同经纬度附近的各地年总辐射值(千卡/厘米²·年)

东 经 115°	二 连 浩特	北 京	郑 州	汉 口	赣 州
	144.2	132.5	122.9	113.6	118.4
北 纬 40°	喀 什	敦 煌	札 萨 克	北 京	
	146.9	156.2	152.6	132.5	
北 纬 30°	拉 萨	成 都	宜 昌	汉 口	上 海
	188.1	91.9	106.2	113.6	112.8

2. 我国年总辐射的空间分布

从表 1.4 中东经 115° 各地点的资料可以看出，年总辐射值是从北向南减小的，在长江流域达到了最低值。从北纬 30° 附近各地点资料又可看到拉萨比其他地区都高，而成都附近为一低值区。再从北纬 40° 附近各地资料分析可知，沙漠地区的年总辐射值也比同纬度其他地区大。因此，由于各地云量，海拔高度等不同，破坏了总辐射呈带状分布的特点。所以我国的年总辐射值分布是以四川为中心出现最低值，向四周逐渐增高的特点。

在考虑地表面辐射能量的收支时，只注意总辐射还是不全面的，必须还要考虑所有

的辐射情况。图 1.5 是地面、大气对辐射收支的示意图，图中 S' 是太阳直接辐射， D 是散射辐射， G 为大气逆辐射，这三项是地面对辐射的收入部分； E 为地面的长波辐射， $E - G = E^*$ 为有效辐射， A_k 是地面反射率， $(S' + D) A_k$ 即为反射辐射，这些是地表对辐射的支出部分。因此，在实际情况下，地面所得到的辐射能量应该是收入和支出部分的差值，即决定于辐射差额的大小。

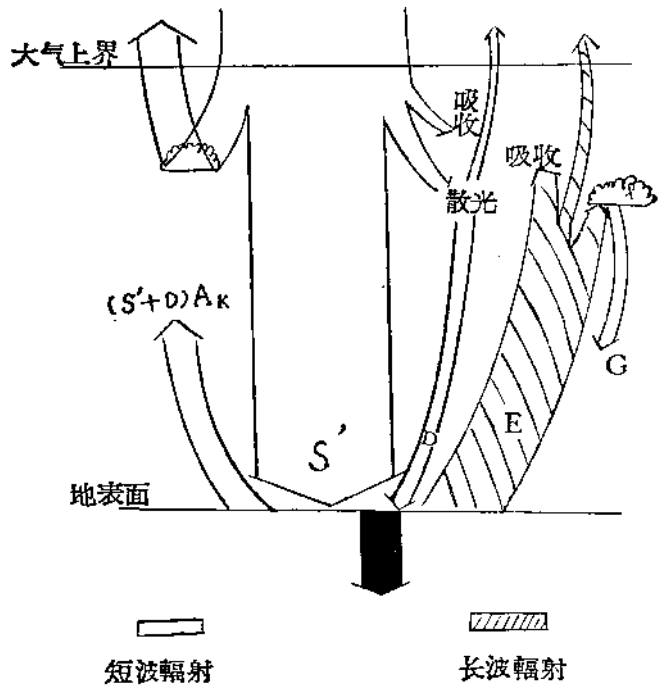


图 1.5 太阳辐射进入大气层的示意图

三、地面辐射差额

1. 辐射差额的意义和影响

因子

辐射差额又称辐射平衡。辐射差额 B 由下述公式表示：

$$B = Q(1 - A_k) - E^*$$

式中 Q 为总辐射， A_k 是反射率，它是随下垫面的性质而改变的。有效辐射是地面辐射失热的主要形式，它的大小受地面温度、空气温度、云量和湿度等条件的制约，地面温度增高，可使有效辐射变强，气温、云量、湿度增大，则使有效辐射变弱，因此有效辐射与纬度无关，而与干湿有关，在沙漠地区有效辐射最大，而终年云量多和湿度大的地区最小。

了解了各种辐射意义后，则清楚可知：辐射差额是表示辐射能的收入或支出之间的差额，或者说，是指收入和支出相抵消后所净得或净失的辐射能量。辐射差额的正、负可使地面变热或变冷，辐射差额的大小可影响到地面变冷变热的程度。土壤温度和近地层气温的分布等特点在很大程度上决定于辐射差额的大小，因此是气候形成的因素之一。

在短时期内，例如某日（月、年）辐射差额是可大可小可正可负的，但对长时期而言，一地或正个地球通过辐射所得和所失的辐射能量是相等的，也就是处于辐射平衡状态。

辐射差额是由几个部分组成的，影响和控制它的因素也较多，比较复杂。但随着所考虑的气候范围大小的不同，对所影响辐射差额的因素可以分别从不同的角度着眼。在

考虑大范围的情况时，影响辐射差額的因素主要以緯度、湿润情况和云量为最重要。

低緯度因太阳辐射强度大，高緯度弱，所以低緯的辐射差額大于高緯。地表面的湿润情况对反射率和有效辐射有影响，在同一緯度干燥地区的湿度小，因蒸发消耗的热量少，土温较高，所以比湿润地区的有效辐射大，因而辐射差額比湿润地区小。云量的增加能减少太阳直接辐射，增大逆辐射，但同样的云量在不同緯度所起的作用不同。在低緯度，太阳直接辐射强度很强，是辐射差額中主要的收入部分，如果太阳直接辐射因云量而受到减弱，則能使辐射差額减小；高緯度太阳直接辐射强度很弱，已不是主要的收入部分，虽因云量多会减弱一些收入，但影响不大，而云量增加可以阻止地面的长波失热，减小有效辐射，因此使辐射差額有所增加。

由于云量和湿润情况对辐射差額影响很大，不但在不同緯度辐射差額不同，而且在同一緯度上也会因水陆分布、海拔高度的不同，辐射差額也有不同。这样，气候不但随緯度而有变化，同时也因距海远近及海拔高度的不同而有差异。

2. 辐射差額的时空分布特点及其对气候的影响。

1) 从表 1.5 资料可知，年辐射差額是随緯度的增高而减小的，而辐射差額的年較差是随緯度增高而增大的。这和大气上界的太阳辐射分布特点是基本一致的。但因各地湿润、云量状况的不同，所以辐射差額的分布特点比较复杂。如北京在渤海附近，较湿润，使有效辐射减小，而辐射差額比同緯度干燥地区较有增大，年辐射差額比信阳还大。而成都因終年云量多，较湿润与同一緯度其他地区相比較年辐射差額則較低，所以辐射差額在东西方向和南北方向的分布都不是很均一的，不象在大气上界太阳辐射与緯圈平

表 1.5 辐射差額的季、年总值，年較差，气温年較差

地 点 项 目	南 北 方 向					广州—海	东 西 方 向		
	广 州	贛 州	信 阳	北 京	海拉尔	拉尔的較差	南 京	信 阳	成 都
春(3—5)	14.0	13.6	18.5	19.1	12.7		19.1	18.5	13.9
夏(6—8)	25.8	26.2	25.2	26.2	25.8	0.0	26.1	25.2	19.8
秋(9—11)	16.1	15.1	13.3	13.6	3.8		13.9	13.3	8.8
冬(12—2)	8.9	6.7	2.6	4.0	-5.9	14.8	4.3	2.6	2.2
全 年	64.8	61.6	59.6	62.9	36.4		63.4	59.6	44.7
辐射差額年較差	6.7	7.6	9.0	9.3	12.4		8.1	9.0	6.5
气温年較差	14.6	21.6	26.7	30.4	45.7		25.1	26.1	20.3

注：南京与成都数值由中国地表辐射平衡的时空分布(地理集刊第六号)一文图 2 中讀数所得。

行呈带状分布的情况那样简单。另外，由于辐射差額年較差随緯度的增高而加大，影响到气温年較差也有同样的特点。

2) 从图 1.6 中可知，全国广大地区辐射差額以夏季最大，春季次之，冬季最小，有

四季分明的特点，这和大气上界太阳辐射的情况又是一致的。同样由于各地所在纬度、湿润状况和云量的不同，使情况变得较为复杂。如在华北、东北地区，最大值出现在6月，而在长江以南地区最大值出现在7月，这是因为北方雨季来得晚，南方雨季来得早

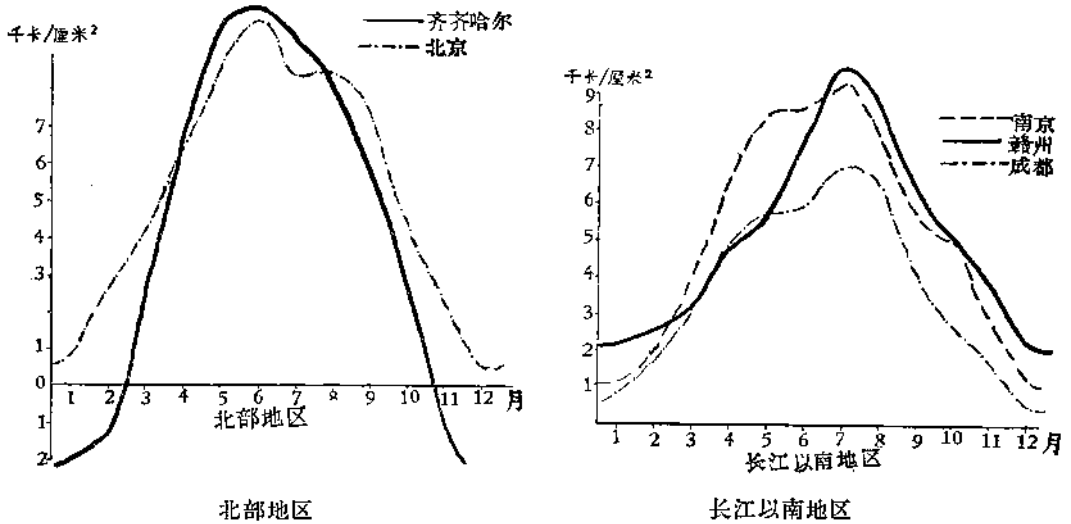


图 1.6 不同地区辐射差额的年变化

的缘故。又如北部地区辐射差额在春秋季节的升降比南方地区快，且冬季还出现了负值。这就使得北方的春、秋季节比南方短，冬季比南方寒冷。

3) 辐射差额在南北纬度间的差异，夏季小而冬季大。如表 1.5 所示，广州和海拉尔之间的辐射差额在夏季差 0.0，冬季相差 14.8 千卡/厘米²。

由于我国大部分地区处在中纬度地带，在辐射因子的影响下，使我国的气候所具有的基本特点是：四季分明；温度由南向北减低，温度年较差由南向北增大；冬季南北的气候差异大于夏季。但这些特点由于各地云量、湿润状况等不同，在具体的时间和地区还要变得复杂些。但不管情况如何复杂，上述的基本气候特点仍能显示出来，这就充分说明，太阳辐射不仅是形成气候的因子之一，而且在气候形成中是起到了主导作用。此外，由于太阳辐射在各纬度分配不均匀，产生了热量差异，因而形成了气压差，产生了大气环流，从而对地球上热量转换发生巨大的作用，更影响了温度和降水的分布，所有这些变化过

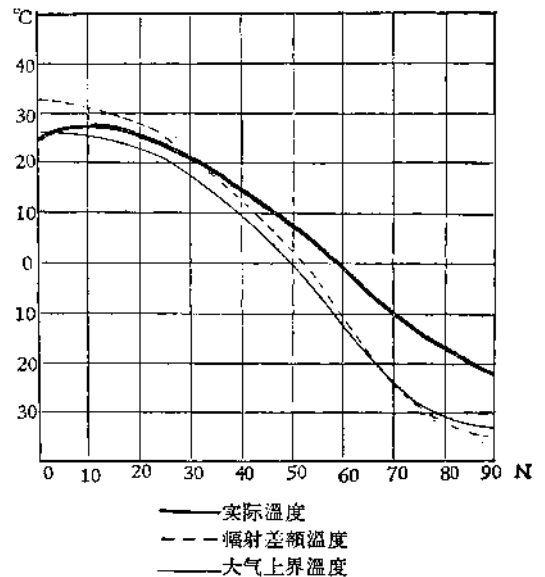


图 1.7 各种温度随纬度的分布

程，也表现了辐射过程在气候形成中的作用。如图 1.7 所示是大气上界温度、辐射差额温度和实际所观测得到的温度的比较，三者的变化趋势是一致的，但也有明显的差异，可见太阳辐射虽然是气候形成的主导因子，但却不是唯一的因子。

四、地面热量平衡

如上所述在净收入辐射能量多的地区，温度较高；反之则较低。但在实际情况中，要了解一地的冷热情况，仅仅考虑辐射情况还是很不够的，往往在净得辐射能量相同的地区，但热状况是可以不同的。例如，干燥地区和湿润地区，或陆面和海洋上，虽然获得或损失的辐射热量相同，但干燥地区或陆面上温度的变化要比湿润地区或海面上来得剧烈。又如，就平均情况来说，全年内低纬度（从0—40°N左右）的辐射差额是正值，即辐射收入大于支出；而在高纬度（自40—90°N）则相反（见表 1.6）。可是却从未发现低纬度温度年年在增高，而高纬度温度年年在降低。可见，除了辐射能量转换以外，大气中必然还有其他形式的能量转换过程。大气在垂直方向的热量调整，是借下垫面蒸发耗热，与大气中释放的凝结潜热相关联的水分交换过程，以及垂直乱流交换来实现的；而大规模水平方向的热量交换，则是通过大气环流和洋流输送等形式来实现的。经过上述一系列的热量交换，使地表面上在一年或较长时期内热量收支互相抵消，因此低纬度的热量并不是年年增加，高纬度的热量也不是年年减少。所以在考虑地表面的辐射收支以外，还需要考虑到地表面的热量收支问题。

表 1.6 各种辐射随纬度变化的平均辐射总量(卡/厘米²)

纬度	0—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90
入射辐射	475	487	482	428	341	268	223	135	126
外逸辐射	392	410	423	412	392	380	373	363	360
二者之差 (辐射差额)	+83	+77	+59	+16	-51	-112	-150	-228	-234

讨论地面热量交换过程的主要依据是地面热量平衡方程，可以写成下列形式：

$$B = LE + M + Q_s$$

其中 B 是地面辐射差额， LE 为蒸发或凝结潜热， M 为地面与空气由于乱流而输送的热量， $Q_s (=W + F)$ 为地面与其深层间交换的热量(W)与平流输送的热量(F)之和。

这一方程式实际上是能量守恒定律的特殊方程之一，它告诉我们地表面所得到的辐射能并非全部用来增温的，而是把辐射能转换成热能而达到平衡的，也即是说，地表面所得或所失的热量是以哪些形式来消耗或补偿来达到平衡的。各地的热量转换方式不

同，所产生的气候特点也不相同。例如我国西北干燥地区，水分供应很少，地面所得到的辐射差额能量主要是通过乱流将热量带走的，蒸发需热数值很小(见图1.8)，因此气温在夏季比同纬度的温度要高，且升温快。又如我国东南沿海地区降水多，所以辐射差额多半消耗在蒸发耗热上，乱流输热较少(见图1.9)，因此在雨季一般温度较低。

因此运用热量平衡的研究成果就可以科学地评价某地的热量资源，进一步研究掌握各地气候形成的规律，从而根据不同的地区从不同角度来进行气候的改造。

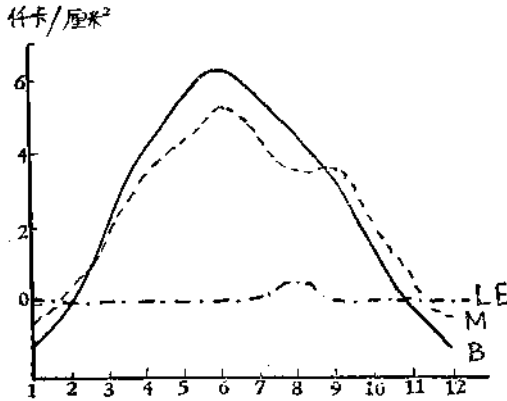


图 1.8 吐鲁番热量平衡各分量年变化图

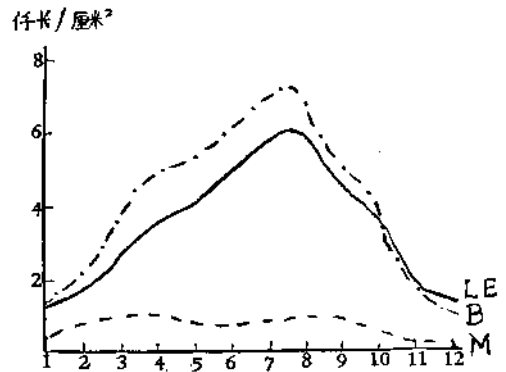


图 1.9 上海热量平衡各分量年变化图