

中等气象学校試用教科书

气 候 学

第一分册 普通气候

北京气象专科学校主編

气象、农业气象专业用



农 业 出 版 社

引 言

气候现象是极其复杂的自然现象之一。大气中所发生的一切物理过程,都直接或间接地决定于太阳辐射。太阳辐射在空间分布的不均一,使各地产生了气候的差异;太阳位置随时间作周期性的变化,是各地气候有规律的按季节演变的原因。不同的地理环境,如纬度、水陆分布、地形起伏和地面被复等,可以影响太阳辐射和地面受热的情况,从而使各地气候变得错综复杂。大气环流促使热量和水汽作南北或东西方向的交换,使各地气候不仅受本地的太阳辐射和地理条件的作用,而且还受到其他地方的影响。由于上述各种因素长期相互作用的结果,就使大气变化具有一定的规律性。对大气演变规律的研究,形成了天气和气候两个重要的气象科学分支。在气候的研究过程中依靠对天气的长期观察,结合有关因素探讨气候的形成规律及其特征。例如,我国冬季寒冷干燥,夏季炎热多雨,就是通过多年观测各种气象要素和气象现象而归纳综合的一种气候特征。可见从气候发展演变的特征及其所研究的内容(如天气情况、干旱、封冻、积雪等)来看,天气是气候的基础,而气候又是天气的总和,两者是密切联系的。但由于气候和天气各自探讨的着眼点不同,研究的方法也有很大差别,同时某些气候要素和气候现象,也不能包括在天气概念之内。所以,弄清气候和天气的联系与差别,不论学习气候学或是今后从事气候工作都具有实际意义。还应该特别指出,人类在生产活动中也能消极或积极地影响气候。

因此,某一地方的气候,是指在太阳辐射、下垫面性质和大气

环流长年相互作用下所产生的特有的天气情况。这种特有的天气情况不仅包括一般的天气情况，而且也包括极端的天气情况。

研究气候的科学就是气候学，它与许多学科都有密切的关系。气候的形成受着自然地理因素的影响，而气候又是自然地理过程的组成部分；气候是引起植物地理分布的重要因素之一，而不同的植物群落也会对所在地区的气候产生影响；气候也是土壤的形成因素之一，而土壤的类型和各种类型土壤的物理状况不同，又直接影响了气候；气候情况对地面、地下水的来源、活动和循环有着直接影响，而下垫面的水文特性（潮湿和干燥）和水体分布又影响到各地的气候。因此在气候学的研究和实践中应具体考虑它与地理学、植物学、土壤学、水文学等科学部门的密切关系。

学习气候学的目的，在于用研究太阳辐射、大气环流和地文因素的相互作用的方法，讨论气候的形成过程和演变规律，进一步归纳和分析气候的地理分布特征，探求正确的气候分类方法，确定气候型式和划分气候区，以配合国民经济各部门进行规划设计，以及配合改造大自然计划提供科学依据。

气候学是服务性较强的科学，而且它在为国民经济服务中的作用是多方面的。农业生产的规划与措施、水利的设计与管理、防护林带的设计、交通运输的建设与经营、城市和疗养地的规划、保健事业的措施以及各种工业的生产过程，都要气候工作的配合。为了促进我国社会主义建设的高速度发展，必须大力开展气候服务工作和促进气候学的高速度发展。在目前的任务应该是完成下面几个中心问题：

1. 掌握气候资源，广泛地开展气候调查，特别是农业气候调查，收集整理与分析气候资料，进行气候分类与气候志方法的研究，编写全国和各地区的气候志，为国民经济各部门特别是农业的规划、建设与生产提供可靠的依据。

2. 配合各方面的需要,发展有关专业的气候学,如农业气候、森林气候、交通气候、医疗气候、航空气候、海洋气候等。

3. 为完成上述任务提供理论基础,应大力进行我国气候形成问题的研究,如辐射差额、热量平衡、水分循环、大气环流,特别是季风的成因和影响,地形在气候形成中的作用,小气候的特征和形成过程,以及气候的历史变化等问题。

在学习本课程时,首先应充分了解影响气候形成的各项因子的作用及其物理意义和中国气候特点,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内容,除应该注意与有关学科的联系外,应该特别注意与开展服务有关的生产知识的了解。此外,在学习中必须重视实践,重视实际观测到的气候资料和获得这些资料的具体的地理环境,随时培养运用已有知识结合具体资料、情况和需要,进行分析和综合,找出事物内在规律,揭示气候情况和特点的技能,不断提高从事实际工作的本领。

目 录

引 言	1
第一章 气候的辐射因子	1
太阳辐射在气候形成中的作用	1
总辐射的分布	5
辐射差额 (辐射平衡)	10
热量平衡	14
第二章 海陆分布对气候的影响	22
海陆分布在气候形成中的作用	22
海洋性气候和大陆性气候	25
海陆间的水分循环	31
第三章 气候的环流因子	38
大气环流在气候形成中的作用	38
气候要素的非周期性变化	42
季风与气候	44
第四章 地形对气候的影响	50
地形条件在气候形成中的作用	50
山地、高原气候	52
垂直气候带	61
山地对于邻近地区气候的影响	63
第五章 下垫面特性对气候的影响	65
下垫面特性在气候形成中的作用	65
各种景观的气候	68
第六章 季节划分与气候分类	81

季节划分	81
二十四节气	85
基本气候带和气候型的概念	88
气候分类	90
参考文献	

第一章 气候的辐射因子

太阳辐射在气候形成中的作用

某个地点气候上的季节交替,或不同地区的气候差异,主要是由于太阳辐射在一年(或一天)中周期性的变化,或各个地方接受了不同太阳辐射能的结果。所以,不同时间、不同地点具有不同的气候,而太阳辐射是形成气候最基本的因子。

到达地球表面的太阳能量与地理纬度有关。某一地方的地理纬度决定了正午太阳高度和昼夜长短,而昼夜长短及太阳高度又是随着季节而改变的(表 1.1、表 1.2)。

表 1.1 各纬度在不同时候正午的太阳高度

纬 度	春 分 日	夏 至 日	秋 分 日	冬 至 日
90°(N°)	0°	23°27'	0°	-23°27'
66°33'	23°27'	46°54'	23°27'	0°
50°	40°	63°27'	40°	16°33'
40°	50°	73°27'	50°	26°33'
30°	60°	83°27'	60°	36°33'
23°27'	66°33'	90°	66°33'	43°06'
20°	70°	86°33'	70°	46°33'
10°	80°	76°33'	80°	56°33'
0°	90°	66°33'	90°	66°33'

表 1.1 說明,在赤道上,一年內正午太阳有二次經過天頂,一次在春分日,一次在秋分日。一年內太阳高度也有二次最小,即在夏至和冬至日。在北回归綫上,只在夏至日太阳經過天頂。北半球温帶,太阳高度最大在夏至日,但不会升到天頂。例如,我国絕大部分領土处于北回归綫以北中緯度地帶,正午太阳高度的季节变化既不像低緯度那样微弱,也不像高緯度那样單純,气候具有“四季分明”的特点。同时我国处在南至 4°N ,北至 53°N 的緯度內,因此,中午太阳高度南北差异很大,这样情况也使我国南北气候大有不同。

表 1.2 北半球各緯度之昼長時間

緯 度 (N°)	夏至日 (时: 分)	冬 至 日	春 秋 分 日
0	12:00	12:00	12:00
10	12:35	11:25	12:00
20	13:13	10:4	12:00
30	13:56	10:04	12:00
40	14:51	9:09	12:00
50	16:09	7:51	12:00
60	18:30	5:30	12:00
66.33	24:00	0:00	12:00

由表 1.2 可知昼夜长短随緯度和季节而变。在夏季,緯度愈高,白天愈长;冬季則相反。在中緯度夏季,虽正午太阳高度随緯度增加而降低,但由于白昼加长的結果,使夏季南北間温度差异比冬季緩和。

緯度既决定了正午太阳高度和昼夜长短,也就决定了太阳輻射能量的收支。我們已知,地球表面一方面由于吸收太阳輻射而增

暖,同时本身也就变成长波辐射的源泉而使大气增暖。由于大气中含有善于吸收长波辐射的水汽、灰尘等物质,使地表面有效辐射比完全透明的大气有效辐射要减小几倍(花房效应)。根据资料发现,由于这一系列的辐射能量转换,入射辐射(被地面和大气吸取的太阳辐射)和外逸辐射(被辐射到太空中去的)在各纬度的分布如表 1.3。它们二者之差即是辐射差额(或辐射平衡)。

表 1.3 入射辐射, 外逸辐射, 辐射差额平均日总量 (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	483	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

由表 1.3 可知: 平均来说, 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°N 到北极)则相反。但我们并未发现低纬度温度年年在增加; 高纬度温度在年年降低。可见, 除了辐射转换之外, 大气中必还有其他形式的能量转换。大气在垂直方向的热量调整, 是借下垫面蒸发耗热和大气中释放的凝结潜热相关联的水分交换过程, 及垂直乱流交换过程实现的; 同时, 大规模水平方向的热量交换, 是借大气环流和洋流输送热量等形式来实现的。经过上述各种能量转换过程, 使地表面上热量收支互相抵消, 因此低纬度的热量并不增加, 高纬度的热量也不减少。

上面所列举的辐射和能量转换过程都是由于辐射能量因子所引起, 因为太阳辐射在各纬度分配不均匀相应的有了热量差异, 因此形成气压差, 产生了大气环流, 从而对地球上能量转换发生巨大

作用,更加影响了温度和降水的分布。所有这些变化过程,表现了辐射过程在气候形成中的作用。但是,在从没有大气存在的假定下计算的太阳辐射温度(天文温度)与有大气存在时的辐射差额温度及实际观测温度的比较上来看,发现太阳辐射并不是唯一的气候因子。由图 1.1 可看出这三种温度的主要差别有:

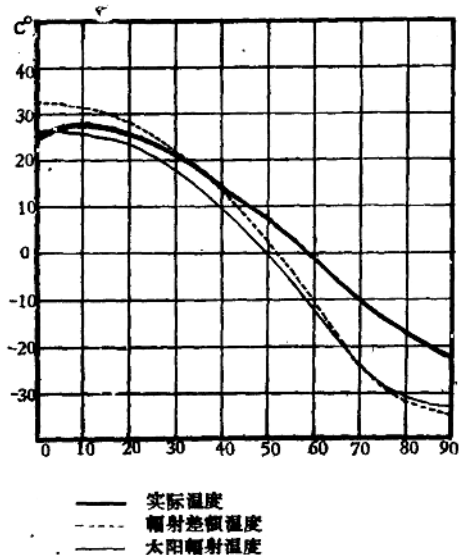


图 1.1 各种温度随纬度的分布

在 40°N 以北,各纬度的实际温度均高于各纬度的辐射差额和太阳辐射温度,且纬度愈高就高得愈多。在 40°N 以南则辐射差额温度愈向低纬度就愈高于实测温度。

在 70°N 以南,辐射差额温度高于太阳温度,且愈向低纬就高得愈多。

除赤道外,实测温度均高于太阳温度。

这些差别的原因,在于辐射差额温度有大气的温室作用,而实

际温度則是輻射和大气环流、地理因素共同作用的結果，但三者的基本趋势一致，因此显示了輻射过程在气候形成中的主导作用。

总輻射的分布

在計算地球表面的热量差額时，必須先計算各地的輻射差額。在輻射差額計算中首先碰到的問題就是确定总輻射；而总輻射的水平分布和变化，又直接影响到温度場和气压場的分布和变化，所以总輻射在气候形成上有着重要意义。

总輻射的大小由太阳高度、可照時間的长短以及大气的透明系数所决定。在一天內总輻射的日变化，以上午和下午最显著。由于地方性特点的影响，总云量的数值在上午和下午并不相同，如下午多云或西部靠山的地方，則总輻射量上午就比下午多；如果是在有早雾或东部靠山的地方，則上午又比下午少。但在一般情况下，特别是在夏季或南方，上午接受一定量的总輻射后，往往使对流作用加强，减小了透明系数，所以最强的总輻射多出現在上午。

总輻射的年变化与太阳高度的年变化相类似。夏至前后最强，冬至前后最弱，在低緯度年变化不显著，而在极地則年变化特別大，这和太阳高度的年变化是一致的。但我国总輻射的年变化在各地不完全相同，这种分布复杂的情况和大气水分及云量的季节变化有关。

据表 1.5 資料可看出：总輻射随緯度增加而减少很快，在冬季月份地面上的輻射总量和大气上界一样，随着緯度而有很大变化，在夏季随緯度的变化則比較小。但总輻射和云量的关系很大，因此多云地区（如海參威）的总輻射一般較少，热带晴朗地区获得的总輻射最大。夏季北极地带虽是白昼，但由于云量很多，其总輻射甚至还少于温带。

表 1.4 总辐射的平均日总量 (卡/厘米²)

月 份	海 拔 低						海 拔 高
	爱 理	哈尔濱	額济納 伊 爾 都	承 德	北 京	南 京	泰 山
	5015' 131米处	45°45' 145 米	41°31'	40°59' 371 米	39°57' 52 米	32°03' 68 米	36°16' 1,545米
1	225	(211)	363	289	346	227	242
2	317	(296)	354	391	440	266	330
3	429	391	468	423	549	353	355
4	486	(388)	—	543	449	366	417
5	550	(392)	688	481	682	466	582
6	499	(506)	662	545	720	461	466
7	422	(480)	647	475	615	474	—
8	423	385	593	419	556	440	204
9	438	324	519	402	538	374	—
10	323	265	411	334	438	312	—
11	196	172	268	298	336	225	243
12	152	150	234	208	300	176	—
年	372	(330)		401	514	345	—

高地上的总辐射一般较同纬度低地大,但如果高地云量很多,则也可能与同纬度低地没有差别。

但又从布待哥等绘制的总辐射图(图 1.2)可知,年总辐射随纬度的变化很大,除两极地区外,最低总辐射为 80 仟卡/厘米²·年,这种地区在南北两半球都是在纬度 55°以上的地区。年最高总辐射出现在非洲东北部的副热带沙漠地区,达 220 仟卡/厘米²·年。

从图 1.2 还可看出,年总辐射一般具有带状分布特征,随纬度的增高而减少,在中高纬度这种特征特别明显,不过在低纬度,总

表 1.5 各季的总辐射(仟卡)

地 点	緯 度	高度 (米)	冬	春	夏	秋	年
太平港	80°19' N	6	0.0	23	31	2	56
烏也里涅尼雅島	77°30'	10	0.2	28	33	3	64
蒂克錫港	71°35'	7	0.7	31	33	5	70
索且庫勒	67°22'	180	0.9	26	34	6	67
雅庫次克	62°01'	102	4	33	40	11	88
巴甫洛夫斯克	59°11'	40	4	28	40	10	82
里 加	56°57'	22	5	28	39	12	84
斯維爾德洛夫斯克	56°50'	281	7	32	40	12	91
沃羅涅日	51°40'	122	7	30	42	15	94
卡拉达格(克里米)	44°54'	32	11	38	52	23	124
海參威	43°07'	29	20	35	35	24	114
沈 阳*	41°47'	44	16	36	41	24	117
北 京*	39°54'	52	19	36	40	26	123
开 封*	34°48'	75	23	33	37	26	119
九 江*	29°45'	32	17	27	45	28	117
桂 林*	25°15'	167	17	26	40	31	114
广 州*	23°06'	9	21	28	39	35	120
海 口*	20°00'	14	20	37	41	36	134
雅加达	6°10' (S)	7	33	35	36	38	142
祖 哥 峰	47°25' (N)	2,962	14	37	45	26	122
騰 冲*	25°00'	1,634	31	40	32	35	138
塔庫巴雅	19°24'	2,300	36	50	36	32	154

注: 表中带 * 符号的地点根据蕭文俊“中国总辐射的年分布与季分布”附

图。

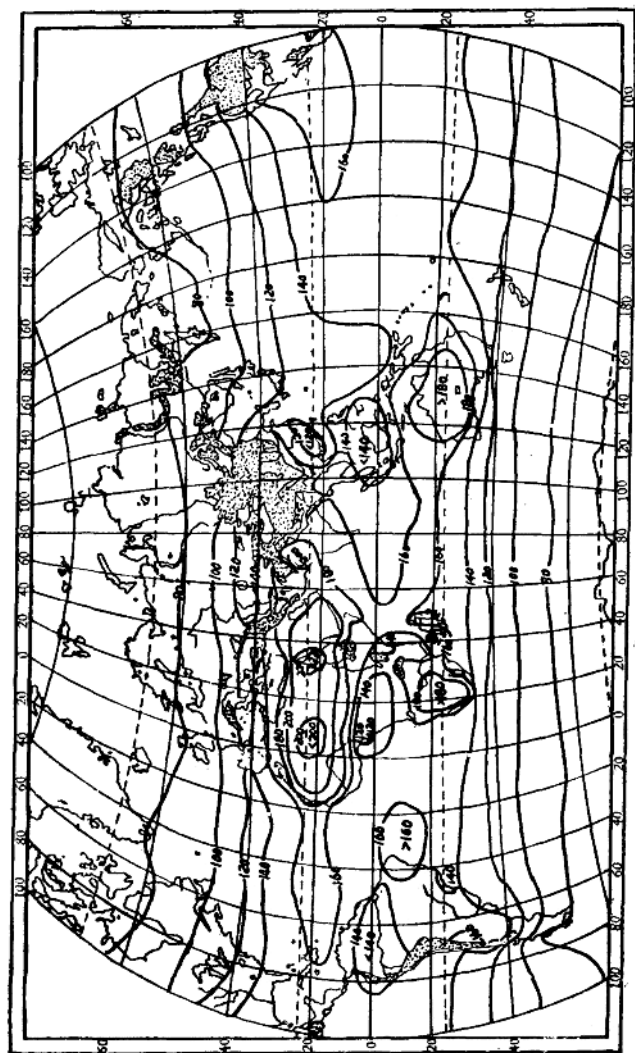


图 1.2 总辐射的分布(千卡/厘米²·年)

辐射由于云量增加而显著减少，并出现很多闭合等值线。必须指出，在大陆上年总辐射等值线向北突出，在海洋则向南突出，这说明云量较多的海洋，年总辐射比大陆要少些。

根据肖文俊利用 1957 年 12 月——1958 年 11 月资料所绘制的各季(图从略)和年(图 1.3)总辐射的分布图，全年我国西部和西北及华北年总辐射都比较多，最大值约为 $186 \text{ 仟卡/厘米}^2 \cdot \text{年}$ ；华中及长白山地较少，在长江中上游有一个最小的闭合中心，最小值约 $95 \text{ 仟卡/厘米}^2 \cdot \text{年}$ 。此外，西藏高原上是一个最大值中心。各季总辐射分布特点和年分布大致相同，只在长江中上游的最小中心位置随季节略有移动，以夏季移动较大。最小中心移到云南的横断山脉，长江下游地区成一高值中心。

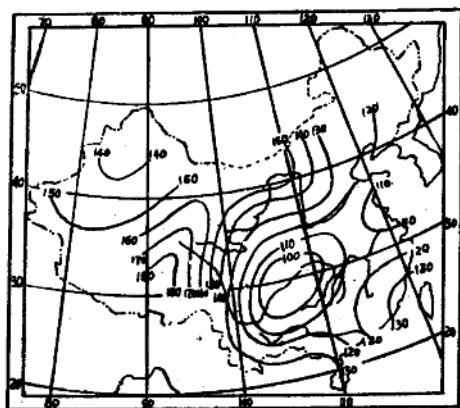


图 1.3 全年总辐射分布图(仟卡/厘米²·年)

从图 1.4 中也可以看出我国东部(100°E 以东代表平原)和西部(100°E 以西代表高原)在北纬 30° 附近总辐射的差别最大，随纬度增加差别就减少，至北纬 42.5° 相等。东部较低纬度(25° — 37.5°)年平均总辐射比同纬度平均值要小；而北纬 38.5° — 45° 的

年平均总辐射比同纬度平均值要大。西部则比同纬度平均值都大。因此,我国气候与世界其他同纬度地区相比,具有不同的特点。

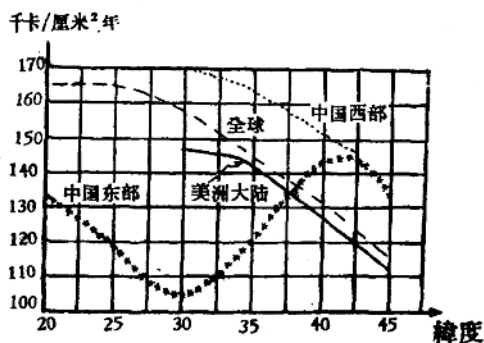


图 1.4 中国、北美及全球年总辐射平均值随纬度的变化

辐射差额(辐射平衡)

1. 地面的辐射差额 辐射差额表示辐射能的收入与支出之间的差额;或者说,是指由收入或支出相抵消的结果所净得的热量或净失的热量。辐射差额是最重要的气候形成因素。土壤温度和贴近土壤空气层的温度分布在极大的程度上决定于辐射差额的大小;在气团的形成上也起着很大的作用;同时,也是目前研究地球外壳中所有太阳能量转变方式的基本原始资料。

在地面辐射收入部分有直接太阳辐射 S' 、散射辐射 D 和大气逆辐射 G 。在辐射支出部分,有地表面的反射辐射 R 与地面辐射 E 。所以地面的辐射差额 B 为:

$$B = (S' + D + G) - (R + E)$$

将总辐射 $Q = S' + D$, 有效辐射 $E^* = E - G$, 而反射辐射 R 等

于投入的总輻射 Q 乘上反射率 A_k , 即 $R=QA_k$, 所以上式可写成:

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

組成輻射差額的項目很多, 影响輻射差額的因素也很复杂, 但这因素可以分为两大类, 即大气候因素和小气候因素。以小气候因素而論, 地面特性(水面分布、植被和雪被、小地形等)对輻射差額具有影响, 因为地面特性可影响反射率和地面輻射。正是由于地面特性的不同, 具有不同的輻射差額, 所以也就具有不同的小气候特征。

不过, 整个地球上的輻射差額乃是由大气候因素所决定, 其中緯度和湿润情况是影响輻射差額最主要的因素。因为, 在低緯度太阳輻射强, 所以輻射差額为正值, 在高緯度太阳輻射弱, 所以輻射差額为負值。湿润情况主要影响反射率和有效輻射, 并对云层輻射有所影响。所以在同一緯度上, 也会因水陆分布不同而具有不同的輻射差額。这样, 气候不但随緯度而不同, 也因距海远近及海拔高度的不同而有差异。

当地面的收入輻射大于支出輻射时, 为正輻射差額; 当收入輻射小于支出輻射时, 为負輻射差額。在白天由于太阳輻射大于有效輻射, 所以 $B>0$, 土壤温度和气温就都升高。在夜間 $Q=R=0$, 則 $B=-E^*$, 所以夜間土壤和空气温度都要降低。在冬季因为太阳輻射强度小, 为負輻射差額, 所以冬季温度不太高; 夏季太阳輻射强度大, 是正輻射差額, 所以夏季温度就較高。地面輻射差額不但随時間有变化, 且在空間也有变化, 因为地面特性可影响反射率和地面輻射。由于各地地面特性不同, 因而就有不同的輻射差額。例如, 最小輻射差額在沙漠地区, 因为沙地反射率大而有效輻射强, 最大的輻射差額在潮湿热带地区, 因为那里反射率小而有效輻射弱。

2. 地表面輻射差額的分布 最近据苏联学者布待科等的計算(如图 1.5), 在洋面上年輻射差額一般具有带状分布特征, 随緯