

地理要素对我国温度分布影响的数量评价

方精云

(中国科学院生态环境研究中心, 北京, 100085)

P423.2

摘 要

本文数量评价了纬度、海拔高度和经度(表示离海岸的距离)3个基本地理要素对我国温度地理分布的影响。结果表明,这3个地理要素能充分说明我国温度的地理分布规律;纬度和高度对温度的作用呈现有规律的季节变化,但趋势相反:冬季纬度的影响明显大于高度,夏季高度的影响远大于纬度;经度的影响较弱且具地域性。纬度、高度和经度对我国温度分布的平均影响分别为44.4%、42.0%和13.6%。

关键词: 海拔高度, 纬度, 经度, 温度分布, 中国, 地理要素

一、前 言

纬度、海拔高度和海陆分布是影响我国温度分布的主要自然地理要素。纬度决定太阳辐射量的多少,从而导致热量及自然景观的纬向带状变化。这种性质称纬向地带性^[1];海拔高度改变地面受热状况和进行热量的重新分配,从而造成温度的垂直方向的变化,称垂直地带性;海陆的热力学性质及沿海和内陆的水汽含量的不同,造成沿海和内陆在降水特征及温度的变幅、升降速率、下垫面及近地层接受的热量等方面发生变化,这种由沿海向内陆发生的变化在欧亚大陆可近似地用东西方向的经向变化来描述。有人称这种性质为“经向地带性”^[2]。鉴于这3个要素的梯度变化在自然地理学、植被学及气候学上的重要性及规则性,有人称其为“三向地带性学说”^[3]。

然而,对于这个重大的自然地理学及生态学问题,人们过去更多的是定性描述,而很少对它们进行定量研究。本文使用标准气象台站的气象资料定量分析这3个因素影响温度分布的规律与趋势,指出它们的作用强度及时空变化*。

二、资料和方法

1. 气象资料

用于本研究的气象资料来自671个标准地面气象台站的记录。为进行统计处理,对各台站的经纬度数据进行了十进制变换。

2. 确定纬度及海拔高度与温度的关系

研究表明,经度对温度的作用不显著。因此,从巨视的观点研究纬度对温度的影响,只需排除高度的作用来单独调查纬度与气温的关系。为此,作者利用高度相同或基本相同的资料,分析了6种不同高度情形下的纬度-温度关系(表1)。同样,利用纬度相同或大致相同

*: 经向地带性主要指降水特征由沿海向内陆发生的东西向变化。本文把温度的东西向变化也作为经向地带性的一部分。但需强调,本文所说的经度影响并不指经度本身,而是用它来说明离海岸的距离与温度的关系。

本文于1991年2月7日收到。

的资料,分析高度与温度的关系就可以排除纬度的影响(表2)。

3. 确定经度与温度的关系

按下列步骤,研究离海岸距离与温度的关系。

(1) 确定研究资料 先确定纬度范围,在此范围内确定海拔高度的范围,从而获得具有一定纬度和高度范围的资料。为排除纬度及高度的影响,所用资料必须满足经度与纬度无关、经度与高度无关以及资料的经度有足够大的范围的原则。

(2) 纬度及高度订正 求算纬度及高度与温度关系的线性方程而获得纬度及高度的订正系数(表3),以此系数来进行温度订正。

(3) 求算订正温度 根据(1)式求经纬度和高度订正后的温度。

$$T' = T + k_1(\bar{N} - N) + k_2(\bar{H} - H) \quad (1)$$

式中 T' 、 T 为订正后及实际温度, k_1 、 k_2 为纬度和高度订正系数, $\bar{N}$ 和 N 为平均纬度和实际纬度, $\bar{H}$ 、 H 为平均高度和实际高度。

(4) 求经度-温度关系 利用温度的订正值,计算资料的经度与温度的关系(表3)。

表 1 不同高度范围内,纬度对平均气温的斜率(a)和相关系数(r)

Table 1 Slopes (a) of latitude to monthly and annual mean temperatures and their correlation coefficients(r) at different altitudes

高度 High(m)	月份 Month														年平均 Annual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
0 - 50	122*	a	-1.27	-1.16	-0.93	-0.65	-0.46	-0.25	-0.16	-0.18	-0.42	-0.58	-0.97	-1.21	-0.70
		r	-0.98	-0.98	-0.97	-0.91	-0.88	-0.74	-0.64	-0.74	-0.86	-0.98	-0.98	-0.98	-0.98
100 - 150	48*	a	-1.35	-1.22	-0.93	-0.56	-0.44	-0.30	-0.27	-0.33	-0.54	-0.75	-1.05	-1.30	-0.76
		r	-0.99	-0.99	-0.98	-0.97	-0.92	-0.88	-0.90	-0.94	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99
200 - 250	24*	a	-1.43	-0.29	-1.00	-0.69	-0.47	-0.34	-0.31	-0.38	-0.58	-0.79	-1.12	-1.38	-0.81
		r	-0.99	-0.99	-0.98	-0.98	-0.96	-0.93	-0.85	-0.97	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99
500 - 550	9*	a	-1.37	-1.35	-1.08	-0.69	-0.46	-0.28	-0.20	-0.28	-0.48	-0.75	-1.02	-1.26	-0.77
		r	-0.95	-0.95	-0.97	-0.92	-0.88	-0.75	-0.77	-0.88	-0.92	-0.96	-0.96	-0.96	-0.95
1000 - 1050	9*	a	-1.45	-1.37	-1.11	-0.75	-0.50	-0.25	-0.14	-0.20	-0.47	-0.77	-1.09	-1.35	-0.79
		r	-0.97	-0.94	-0.89	-0.82	-0.71	-0.44	-0.29	-0.42	-0.76	-0.93	-0.97	-0.98	-0.88
1500 - 1550	8*	a	-1.20	-1.18	-0.88	-0.62	-0.33	-0.05	-0.01	-0.03	-0.30	-0.61	-0.93	-1.18	-0.60
		r	-0.99	-0.97	-0.93	-0.86	-0.72	-0.18	-0.03	-0.14	-0.81	-0.95	-0.99	-0.99	-0.94

*: 资料数。

4. 确定地理要素综合影响温度的关系式

因为温度与纬度、经度和海拔高度的关系可看成是线性关系,故用下列数学表达式统一说明3个地理要素对温度的作用。

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 \quad (2)$$

式中 y 表示平均气温($^{\circ}\text{C}$), x_1 、 x_2 、 x_3 分别为纬度、经度和海拔高度, a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 均为系数,并且 a_1 、 a_2 、 a_3 的绝对值分别表示温度在纬度、经度和海拔高度梯度上的变化率

表 2 不同纬度范围内、高度对平均气温的斜率(α)和相关系数(r)

纬度 Latitude	月 份 Month												年平均 Annual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
25 (24.5-25.5)	$\alpha \times 10^{-3}$	-2.21	-1.55	-1.22	-1.21	-2.62	-3.68	-4.78	-4.89	-4.67	-3.86	-3.10	-3.16
	r	-0.66	-0.58	-0.55	-0.49	-0.87	-0.97	-0.99	-0.99	-0.99	-0.96	-0.89	-0.94
30 (29.5-30.5)	$\alpha \times 10^{-3}$	-2.83	-2.25	-2.78	-0.80	-3.49	-3.83	-4.51	-4.56	-3.93	-3.69	-3.62	-3.53
	r	-0.83	-0.80	-0.83	-0.91	-0.92	-0.95	-0.98	-0.96	-0.97	-0.98	-0.95	-0.94
35 (34.5-34.5)	$\alpha \times 10^{-3}$	-3.62	-3.73	-4.02	-4.21	-4.69	-5.32	-4.93	-4.72	-4.86	-4.51	-4.50	-4.25
	r	-0.89	-0.98	-0.99	-0.98	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-0.99	-1.00	-0.99	-0.99
40 (39.5-40.5)	$\alpha \times 10^{-3}$	-2.03	-1.94	-1.77	-2.23	-3.17	-3.16	-3.74	-3.60	-3.45	-3.32	-3.11	-2.79
	r	-0.67	-0.57	-0.44	-0.61	-0.68	-0.58	-0.77	-0.81	-0.79	-0.84	-0.86	-0.73
45 (44.5-45.5)	$\alpha \times 10^{-3}$	0.06	-0.84	-3.00	-3.31	-3.76	-3.80	-4.33	-4.09	-4.12	-3.68	-2.86	-2.83
	r	0.12	-0.18	-0.48	-0.49	-0.60	-0.61	-0.73	-0.71	-0.67	-0.69	-0.51	-0.54

*, 资料数。

表 3 经度对平均温度的斜率(α)、相关系数(r)及纬度、高度订正系数(k_1 、 k_2)

Table 3 Slopes (α) of longitude to mean temperatures for January, April, July October and annual, corrected by latitude and altitude, and their correlation coefficients (r) along with correction factors of latitude (k_1) and altitude ($k_2 \times 10^{-3}$)																				
緯度Latitude		1月 Jan.			4月Apr.			7月 July			10月 Oct.			年平均Annual mean						
(°N)	k_1	k_2	α	r	k_1	k_2	α	r	k_1	k_2	α	r	k_1	k_2	α	r	k_1	k_2	α	r
20	-0.86	0.3	0.19	0.56	-0.86	1.3	-0.03	-0.26	0.06	-6.2	-0.01	-0.20	-0.32	-0.40	0.06	0.50	-0.43	-2.4	0.07	0.48
25	-2.93	-1.1	0.01	0.05	-2.37	-2.3	-0.05	-0.36	-0.04	-5.8	0.01	0.11	-1.80	-3.5	0.01	0.07	-1.82	-3.3	-0.09	-0.28
30	-0.16	-0.2	-0.15	-0.62	0.08	-1.0	-0.23	-0.77	-0.14	-5.0	-0.05	-0.38	-0.19	-4.7	-0.02	-0.21	-0.09	-3.1	-0.06	-0.30
35	-2.12	-4.6	-0.09	-0.86	0.52	-1.9	-0.24	-0.81	0.36	-3.4	-0.16	-0.88	-0.36	-2.9	-0.12	-0.89	-0.34	-3.2	-0.13	-0.72
40	-1.33	0.7	-0.13	-0.81	-0.79	1.7	-0.22	-0.94	-0.57	-1.5	-0.11	-0.76	-0.73	0.5	-0.14	-0.90	-0.81	-0.5	-0.16	-0.89
45	0.95	-2.6	-0.07	-0.42	0.13	-6.0	-0.14	-0.91	-0.16	-5.2	-0.08	-0.59	0.28	-5.4	-0.09	-0.86	0.25	-4.9	-0.10	-0.74
50	-1.00	-3.6	-0.06	-0.15	-0.71	-5.3	-0.04	-0.22	-0.51	-4.5	-0.07	-0.30	-0.91	-5.3	-0.04	-0.19	-0.76	-4.7	-0.06	-0.25

或叫递减率。用多元回归分析的方法确定这些系数(表4)。

表4 方程(2)的回归系数、复相关系数(r)和决定系数(r^2)

Table 4 Regression coefficients, multiple correlation coefficients (r) and coefficients of determination (r^2) in Eq(2). Data are from 671 meteorological stations

月 份 Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均 Mean of Annual
a_0	59.71	61.41	62.23	59.84	54.18	50.88	46.62	47.20	51.04	52.08	56.21	59.70	55.07
a_1	-1.33	-1.20	-0.91	-0.59	-0.39	-0.23	-0.19	-0.25	-0.47	-0.71	-1.03	-1.27	-0.71
a_2	-0.13	-0.16	-0.20	-0.22	-0.18	-0.16	-0.11	-0.11	-0.12	-0.10	-0.11	-0.12	-0.14
$a_3 \times 10^{-3}$	-3.51	-3.46	-3.97	-4.50	-4.75	-4.92	-4.88	-4.84	-4.60	-4.41	-4.31	-3.89	-4.30
r	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
$r^2(\%)$	96.26	95.54	94.68	93.57	92.45	92.47	93.47	93.31	95.98	97.03	96.97	96.80	96.79

三、结果和讨论

1. 纬度与温度的关系

图1表示在高度100—150m范围中,1、4、7、10月及年平均气温随纬度增加的变化趋势。此图显示,随纬度的增加,温度几乎呈直线降低。据此,回归了在6种情形下,同一高度剖面上纬度与月平均及年平均温度的线性关系(表1)。

从表1可以看出,在6种情形下,纬度与各月平均温度的关系都呈相同的季节变化趋势:直线的斜率绝对值(即沿纬度的温度变化率,也称纬度的温度递减率(latitudinal lapse rate of temperature)在1月份最大,在1000—1050m的高度剖面中,达1.45℃/度;7月份最小,在1500—1550m的高度范围中,仅为0.01℃/度。也就是说,冬季我国的南北温差大,纬度每增加1度,温度降低1.2℃以上,而夏季很小,甚至不见变化。这个结果与我国实际的温度地理分布完全一致^[4]。

表1还表明,不同高度剖面而在相同季节,温度的变化率尽管有变动,但不呈有规律的变化。这是一个很重要的结果,它说明,海拔高度对温度有影响,但并不改变纬度的温度递减率。

与相同纬度的世界其他地区相比较,我国纬度的温度变化率呈现一些特有的变化规律。在北纬20—50度的范围中,世界平均的变化率是,1、4、7、10月及年平均分别为0.97、0.67、0.34、0.65和0.65℃/度^[5],而在我国,1月份的变化率明显大于世界平均值,7月份却小于世界平均值,年平均值也较大。这主要可能是我国大部冬受西北利亚冷气团的控制,夏受副热带高压影响致使冬天南北温差大,夏天小的缘故。

2. 高度与温度的关系

图2例示在相似纬度(39°31'—40°30')情况下,高度与1、4、7、10月及年平均温度的关系。这是一种呈良好线性的关系。利用这种线性性质,求算了25、30、35、40和45度等5个纬度剖面上平均温度与高度的关系。表2列出直线的斜率(其绝对值为沿高度梯度的温度变化率或称垂直的温度递减率,Altitudinal lapse rate of temperature)。

表2揭示下列规律:(1)冬季温度变化率较小,夏季较大。一般在冬天为0.2—0.3℃/100m,而在夏天为0.4—0.5℃/100m。这种趋势与我国各地实测的结果相一致^[6];(2)尽

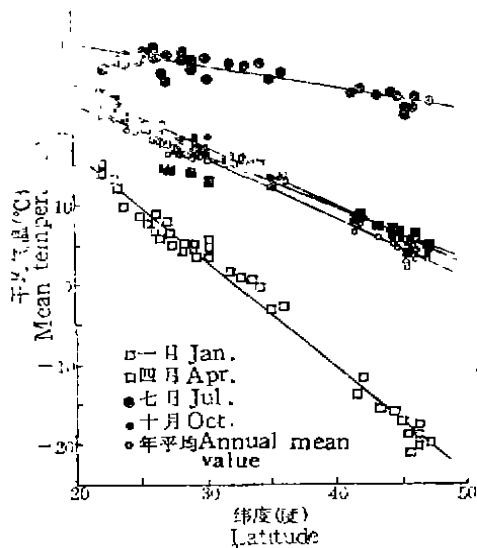


图1 同一高度剖面(100—150m)上平均气温与纬度的关系

Fig.1 Relationships between mean temperatures for January, April, July, October and annual and geographic latitude.

Data are from meteorological stations with an altitude of 100—150 metre. Number of data is 48.

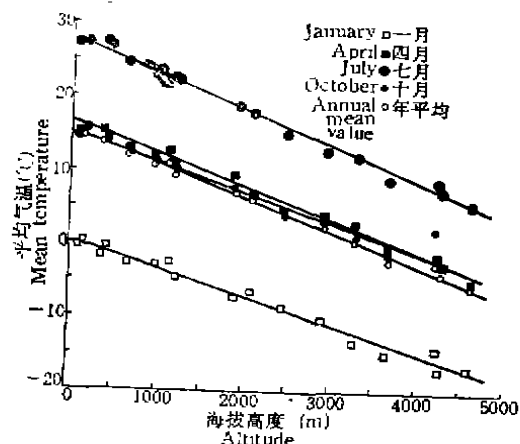


图2 同一纬度剖面(30°N)上平均气温与海拔高度的关系

Fig.2 Relationships between mean temperatures for January, April, July, October and annual and altitude.

Data are from meteorological stations with a latitude of about 30°N. Number of data is 22.

管相同季节而不同纬度剖面的垂直温度递减率有较大变动,但不呈有规律的变化。这表明,纬度对垂直的温度变化率的影响不显著。此结果与作者以往的研究一致^[7]。(3)高度-温度的相关性,在冬天较差、夏天良好。譬如,在纬度25°N剖面中,1月的相关系数为0.66,而7月份而高达0.99。这表明,在冬季,除高度外,其他因素对温度的作用较为强烈。

3. 经度与温度的关系

按前述的方法,求算了经纬度和高度订正后的温度与经度的关系,它近似呈线性。表3给出了纬度20、25、30、35、40、45和50度7个剖面上,1月(表示冬季)、4月(春季)、7月(夏季)、10月(秋季)及年平均温度订正值对经度的直线斜率(它的绝对值表示沿经度梯度,温度的变化率)和相关系数。图3例示在纬度40°N剖面(39—42°N)上,经度与1、4、7、10月及年平均温度的关系。表3表明:(1)在纬度30°N以南的地区,经度与温度的关系不密切,这不仅因为相关系数小,更重要的是直线斜率小且时正时负,变化不规则;而在30°N以北地区,相关系数及斜率较大且均为负值,这表明越是内陆的地方温度越高。这一结果说明,温度的经向地带性是有地区性的,不能认为它是一个具普遍性的规律。另一方面,此结果也解释了为什么在我国不少地区同一纬度带中的相同植被类型在具海洋性气候的东部分布高度较低,而在具大陆性气候的西部分布高度较高的原因^[3,8]。(2)与纬度和高度相比,经度对温度的斜率绝对值要小得多。这意味着离海岸的距离对温度的作用较小。(3)从季节变化看,全年经度的影响均较弱,但春季(4月)相对较强。这种原因将在下面讨论。

4. 地理要素对温度的综合影响

按(2)式求算了纬度、高度和经度对各月及年平均温度的回归系数(表4)。结果表明,

各月的复相关系数较大(0.96以上),其贡献率在92%以上。这说明(2)式能充分说明气温与地理要素之间的关系,同时也意味着通过研究表4中各参数的变化就可达到阐明各地理要素对温度地理分布的作用强制的效果。

从表4可以看出,各回归系数都为负值,即随着纬度和高度的增加,或者越靠近海洋,平均温度降低。这与前面论述的结果一致。表4还表明,纬度的温度变化率在冬天达到极大,1月份为 $1.33^{\circ}\text{C}/\text{度}$,在夏天达到极小,7月份仅为 $0.19^{\circ}\text{C}/\text{度}$ 。海拔高度与温度的关系恰恰相反,即在冬天达到极小,1月份为 $0.35^{\circ}\text{C}/100\text{m}$,夏天达到极大,7月份为 $0.48^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。经度与温度的关系比较复杂。尽管经度的温度变化率及其季节变化均较小,但仍可以看出一年中有变化,两个极值分别在4月和10月。对这一现象的可能解释是,4月为冬季向夏季过渡的季节,海洋与大陆,沿海与内陆的下垫面性质的差异,致使我国干燥的西部地面受热,

很易变暖,而湿润的东部增温缓慢,从而造成较大的东西方向的温度变化率。而秋天(10月)则是夏天向冬天的过渡季节,东西部下面垫性质的不同造成与4月相反的效果,从而表现为较小的温度变化率。这种解释可从表5得到进一步证实。表5显示我国各月的平均气温和前后两月的温度差。3月与4月的温度差为 6.4°C ,10月和11月的温度差为 -7.0°C ,分别为全年的极大值和极小值。这两个极值与表4的结论一致。

回归系数可很好地说明同一要素时间变化,但不能表明不同要素间对温度影响的差异。为此,按中村的方法^[9]求算了各要素的标准偏回归系数(standard regression coefficient)作为比较它们影响温度分布强弱的指标。图4给出了计算结果。此图清楚地表明不同地理要素对温度的作用强度不是恒定的,而是具有季节性变化。冬天,纬度的影响最强,其次是海拔高度。相反,夏天海拔高度的影响远大于纬度。经度的影响全年都较小,但在春季相对较大。

各地理要素对平均温度的标准偏回归系数的大小可反映它们影响温度地理分布的平均情况。计算结果,纬度、经度和海拔高度的标准偏回归系数分别为 -0.75 , -0.23 和 -0.71 。换言之,如果设三者作用之和为

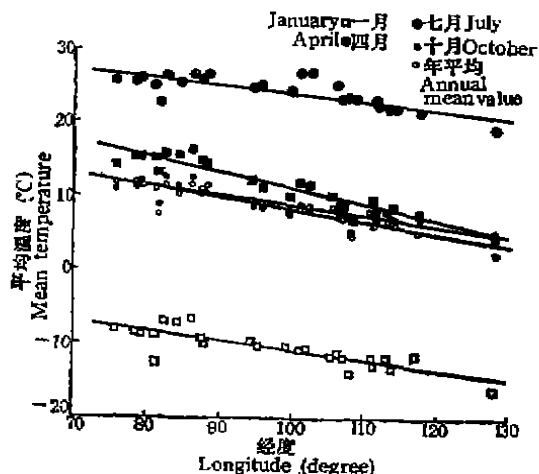


图3 39—42°N 纬度剖面、800—1250m 高度范围中、订正温度与经度的关系

Fig.3 Relationships between corrected mean temperatures for January, April, July, October and annual and longitude.

Data are from meteorological stations with a latitude range of 39—42°N and an altitude range from 800 to 1250 metre. Number of data is 25

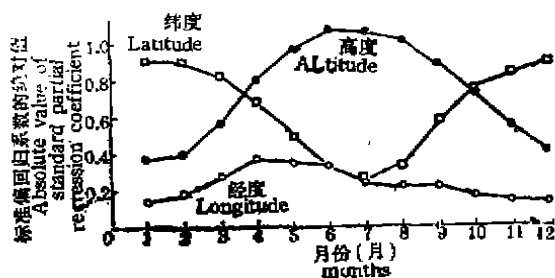


图4 不同地理要素对月平均温度的影响

Fig.4 Yearly changes in standard regression coefficients of latitude, altitude and longitude to monthly mean temperature

表 5 月平均气温及前后两月的温度差
Table 5 Monthly mean temperatures and their differences between this month and last month in China

月份 Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均温度 Mean temp.	-2.63	-0.35	5.56	11.98	17.20	20.87	23.05	22.19	17.97	12.12	5.15	-0.71
温差 Difference of temp.	2.48	5.91	6.42	5.22	3.67	2.18	-0.86	-4.22	-5.85	-6.97	-4.44	

100%, 则对温度分布的平均影响, 纬度、经度和高度分别占44.4%、13.6%和42.0%。纬度的影响略大高度。

综合以上结果和讨论, 可以认为在我国, 温度分布的纬向和垂直地带性极为明显。由于这些性质, 我国湿润东半部出现了与之相对应的植被和土壤的水平分布带谱。另一方面, 温度的经向变化较小且存在地域性。必须指出的是, 我国西高东低的地势, 即三大阶梯特征对我国东西方向的温度梯度的形成也起着极为重要的作用, 因为山体系统具有增温效应 (mass elevation effect)。

四、结 论

本文定量研究了纬度、高度和经度对我国温度地理分布的影响, 获得了几个重要的结果。

1. 纬度对温度的作用呈现有规律的季节变化; 1月份极大, 7月份极小。纬度与垂直温度递减率不呈明显的相关关系。我国的纬度温度递减率与世界平均值相比较, 1月份较大, 7月份较小, 这由影响我国的天气系统所致。

2. 海拔高度对温度的作用也呈有规律的季节变化, 但趋势同纬度的情形相反, 即冬季较小, 夏季较大。高度影响温度, 但并不改变纬度的温度递减率。

3. 经度(海陆分布)对温度的作用较小, 特别在我国南方(北纬30°N以南)地区, 这种作用很不明显。但在北方, 沿海地区月平均气温一般低于同纬度的内陆地区。

4. 3个地理要素能很好地说明我国温度的地理分布规律。各要素对我国温度分布的作用强度具有季节性变化, 总趋势是: 冬季, 纬度>高度>经度; 夏天, 高度>纬度>经度。纬度、高度和经度分布的平均影响分别是44.4%、42.0%和13.6%。

参 考 文 献

- [1] 格里哥里耶夫(汪美球等译), 地理地带性及其一些规律, 地理学报, 1957, 23:41—50.
- [2] 雅罗申科(傅子楨译), 《地植物学》, 科学出版社, 1966, 1—45.
- [3] 中国植被编辑委员会, 《中国植被》, 科学出版社, 1960, 731—748.
- [4] 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会, 《中国自然地理-气候》, 科学出版社, 1985, 90—150.
- [5] 福井英一郎编, 《自然地理》, 朝仓书店, 1954, 10—40.
- [6] 林之光, 影响我国山区气温直减率及其年变化的主要因子的研究, 《山地气候文集》, 气象出版社, 1984, 69—76.
- [7] Fang Jing-yun & Yoda Kyoji, Climate and vegetation in China. I. Changes in the altitudinal lapse rate of temperature and distribution of sea level temperature, Ecol. Res. 1988, 3:37—51.
- [8] 侯学煜, 《中国植被地理及优势植物化学成分》, 科学出版社, 1982, 268—315.
- [9] 中村正一, 《例解多变量解析》, 日刊工业新闻社, 1980.

STUDY ON THE GEOGRAPHIC ELEMENTS AFFECTING TEMPERATURE DISTRIBUTION IN CHINA

Fang Jing-Yun

(Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica, Beijing, 100085)

Latitude, altitude and longitude (as an indicator of distance from coast) are three basic geographic elements affecting geographic distribution of temperature in China. In this paper, their effects were studied on intensity and seasonal change of such a distribution. As a result, patterns of temperature distribution could be well explained by these elements. The effect intensity of latitude and altitude showed a systematically seasonal change but with an opposite tendency, effect of latitude was stronger than that of altitude in winter and weaker in summer. Effect of the distance from coast was unclear and local. Effects of latitude, altitude and longitude on distribution of annual mean temperature were 44.4%, 42.0% and 13.6%, respectively.

Key words: Altitude, latitude, longitude, temperature distribution, China.