

东北地区气温和日照区划^{*}

赵 煥 宸

(中国科学院长春地理研究所)

提 要

根据对气温和日照的主成分分析, 明确了东北地区^{**}多年气温偏差和多年日照时间偏差的优势分布型, 然后用气温和日照的各主成分间各个站点的气温和日照间的时间变动特性值(因子负荷量), 由群平均法求出聚类间的类似度(或称距离), 以此作为分区的综合指标, 作成东北地区气温和日照区划图。

我国的气候区划工作自竺可桢^[1]开创以来, 已发表许多有价值的论文。就其范围而言, 有全国^[2-3]和各省、市、自治区的气候区划^[4]; 就其性质而言, 有特定应用目的的气候区划^[5-8], 还有的是为社会提供有用的气候资料^[9]; 就其研究的方法论而言, 上述论文, 均属于静态气候学的气候区划。国外, 有的气候学者开展了动态气候学的气候区划^[10]。另外, 讨论如何进行气候区划的论文也很活跃^[3, 5, 6]。

近年, 由于大型电子计算机的应用, 使数理统计中的多元分析发展很快, 并在科学技术的各个领域广泛应用, 如柳田政子^[11]、小岛忠三郎^[12]、岸原信义^[13]、J.E. Walsh^[14]和刘多森^[15]等的论文。本文用我国东北地区的35个气象台站(图1), 1961—1978年, 共18年间的月平均气温和日照时间的资料, 采用主成分分析和聚类分析相结合的方法进行气温和日照区划。

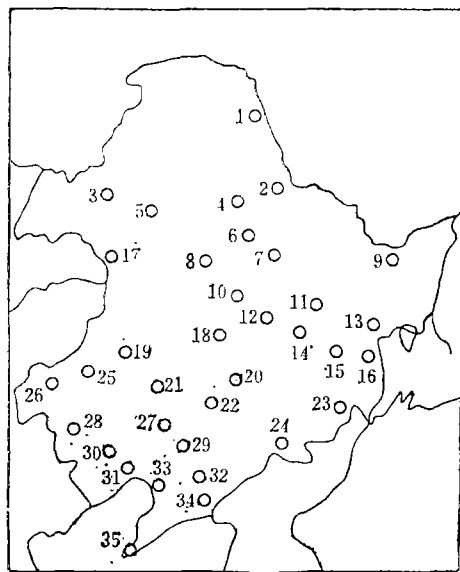


图1 站点分布图

Location of the observatory stations
(The figure in the map is the number of the station)

本文1984年4月24日收到, 10月29日收到修改稿。

* 本文计算工作, 是在日本北海道大学大型计算中心完成的。在此期间, 曾得到导师高桥英纪先生和加藤央之博士的指导; 本文承蒙丘宝剑先生审阅; 插图由齐秀兰同志清绘, 在此一并表示衷心感谢。

** 东北地区包括黑龙江、吉林、辽宁三省, 以及内蒙古自治区的呼伦贝尔、哲里木、昭乌达三个盟。

一、区划的原则和方法

丘宝剑认为“区划指标只不过是为了说明某种气候现象和区划意图而采用的一种符号,它是第二位”,又认为“界线是区划的具体表现,任何区划,最终都要把界线划在图上,所以界线的分歧,最集中地反映了区划的分歧”〔6〕。这说明了不论在自然区划中还是在气候区划中,界线是最重要的。问题就在于如何划定界线,而划界的关键又归结到指标的选择上。所以,区划的指标和界线,是区划中两个密切相关的重要因子。在气候要素中,多年月平均气温和月平均日照时间,无疑是最重要的两个气候要素。

为了客观地揭示出东北地区(以下称本区)的气温和日照地域偏差分布特性,有必要采用只含有观测点数的多次元时间序列的主成分分析,分别确定本区的多年气温偏差和多年日照时间偏差优势分布型的主成分,再分别计算各主成分同各个站点的气温和日照的时间变动特性值(因子负荷量),进而由群平均法〔16〕求出聚类间的类似度(或称距离),以此作为分区的综合指标,进行气温和日照区划。

1. 主成分分析 在计算时,把观测点数作为 P (本文中, $P=35$),各观测点的资料记作 x (本文中, x 分别是各个站的月平均气温和月平均日照时间的多年平均偏差值),那么 m 个($m < P$)主成分用下面的 P 个特性值的一次结合式来表示。

$$\begin{aligned} X_1 &= l_{11}x_1 + l_{12}x_2 + \dots + l_{1p}x_p \\ X_2 &= l_{21}x_1 + l_{22}x_2 + \dots + l_{2p}x_p \\ &\dots\dots\dots \\ X_m &= l_{m1}x_1 + l_{m2}x_2 + \dots + l_{mp}x_p \end{aligned}$$

$$\text{令, } \sum_{i=1}^p l_{ki}^2 = 1 \quad (k=1, 2, \dots, m)$$

式中: $X_1 - X_m$, 是 m 个主成分;

$x_1 - x_p$, 是 p 个特性值;

$l_1 - l_{mp}$, 是对应 m 个主成分 $m \times P$ 个特性值的加权系数。

这里,用Jacobi法,反复地作正交变换,把对角要素以外的要素作为0,把矩阵(R)变换成对角型,求解上述基本方程式的特征值(λ_k)和特征向量(l)。另外,各主成分的 X_k 的变动对于全变动的比例,即贡献率 V_k ($k=1, 2, \dots, m$)以及 m 个主成分的累积贡献率 $V_{\Sigma k}$,由下式求出,并用百分率表示。

$$\begin{aligned} V_k &= (\lambda_k / \sum_{i=1}^p \lambda_i) \times 100 \\ V_{\Sigma k} &= \sum_{k=1}^m V_k \end{aligned}$$

各主成分同各地点的气候要素间的时间变动特性值(因子负荷量)由下式求出。

$$f_{ij} = \sqrt{\lambda_i} \cdot l_{ij} / \sqrt{s_j} \quad (1)$$

式中 S_j —— 在第 j 地点的气候要素 (x_j) 的方差;
 l_{ij} —— 第 i 主成分在第 j 地点的特征向量;
 λ_i —— 第 i 主成分的特征值;
 f_{ij} —— X_i 和 x_j 间的相关系数 (即因子负荷量)。

2. 区划指标的计算 对由公式 (1) 计算所得到的因子负荷量 (f_{ij}), 求其分类指标。其计算方法有多种, 本文采用群平均法, 计算聚类间的类似度 (或称距离), 计算公式如下。

$$D_{fg}^2 = \frac{1}{n_f n_g} \sum_{r \in C_f} \sum_{s \in C_g} d_{rs}^2 \quad (2)$$

式中 d_{rs}^2 —— 表示群 C_f 中的任何个体 r 和群 C_g 中的任何个体 s 之间的欧几里得距离的平方

D_{fg}^2 —— 群 C_f 和群 C_g 间的距离

C_f 和 C_g 合併成新的群 C_h 时, 再求 C_h 同其它群 C_l 的距离 D_{hl}^2 时, 则

$$D_{hl}^2 = \frac{n_f}{n_h} D_{fl}^2 + \frac{n_g}{n_h} D_{gl}^2 \quad (3)$$

这样地依此类推计算下去, 所求得的群间距离, 实际上就是所需要的分区指标。

另外, 关于本文全部的计算过程, 如图 2 所示。

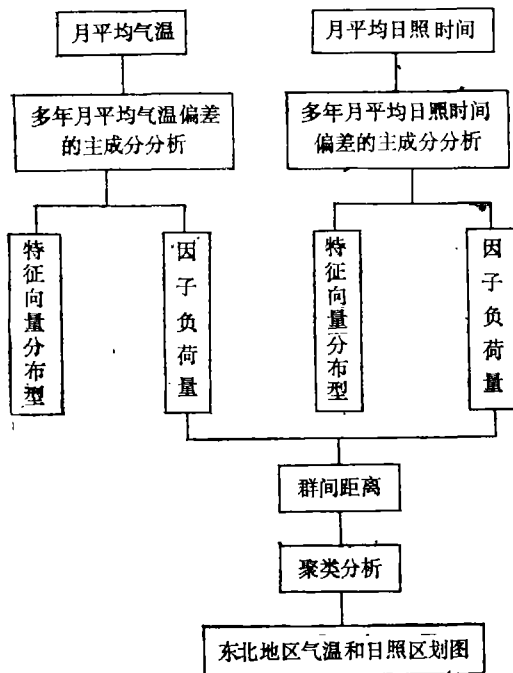


图 2 东北地区气温与日照区划的工作顺序框图

The operation block diagram of climatic regionalization about light and heat in the northeastern part of our country

二、气温和日照时间的地理分布特征

1. 多年气温偏差的地理分布特征 气温偏差的主成分分析的结果，如表 1 所示。可以看出前 3 个主成分能说明全变动的85%以上。所以，只对气温的前 3 个主成分进行讨论。首先，分别作多年气温偏差的特征向量分布图（图 3）。各主成分主要说明各个特征向量分布图上的绝对值大的地域的气温变动。各主成分的特征向量分布图的符号包括逆符号，所以可分别解释为表示两个气温偏差分布型。各主成分所表示的意义叙述如下。

第 1 主成分说明全变动的73.0%，如图3a所示那样，符号在全区是正的同符号，极大值位于本区的西北部，最低值在辽东半岛。全区的气温偏差分布呈同符号，即可以看作它是表示全区高温型或全区低温型。

表 1 气温的主成分分析的特性数
The eigenvalues of the principal component analysis about air temperature

主成分	特征值	贡献率 (%)	累积贡献率 (%)
1	61.87	73.0	73.0
2	9.62	11.4	84.4
3	3.35	4.0	88.4

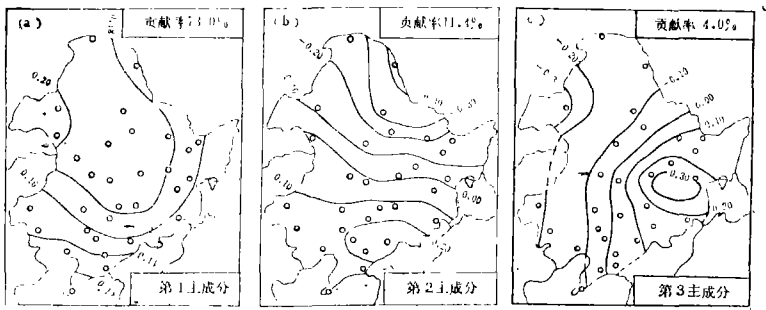


图 3 多年气温偏差的变动成分（第 1—第 3 成分）的特征向量分布
The distribution of the eigenvectors about variable components (the first to the third components) of secular temperature deviation

第 2 主成分说明全变动的11.4%（图3b）。在本区南部符号为正，北部为负，南部和北部的符号呈逆转是其特征。正负的分界线大体上是沿着45°N 的纬线，通过第 1 主成分极大域的南部，绝对值的最大值在此北东部（呼玛一带）和辽东半岛的东南部山地一带。第 2 主成分可以被看作为表示北冷南暑型或北暑南冷型的主成分。

第 3 主成分说明全变动的4.0%（图3c），在本区的东部符号为正，西部为负。正负的分界线大体上同大、小兴安岭山脉的分界线一致，把本区分成东、西两部分。正负值的中心呈西北—东南向的对称，分别位于海拉尔和牡丹江一带。第 3 主成分可以看作表示东暑西冷型或东冷西暑型的主成分。

2. 多年日照时间偏差的地理分布特征 月平均日照时间偏差的主成分分析的结果，

如表 2 所示。从表 2 中可以看出前 3 个主成分, 虽然只能说明全变动的 64.2%, 但是, 因为日照时间同气温要素相比, 是一个局地性很强的气候要素 (同降水现象一样)。因此, 可认为这前 3 个主成分能在较大程度上表现出本区的日照时间偏差变动特性, 就是说 4 成分以下的不认为是重要的。下面, 通过多年日照时间偏差特征向量的地理分布 (图 4), 讨论前 3 个主成分的意义。

第 1 主成分能说明全变动的 40.6%, 和图 4a 所示那样, 符号在全区是正的同符号, 极大值分布于本区的东北部, 包括小兴安岭山脉南端, 长白山地北端 (张广才岭、老爷岭、完达山), 三江平原和松嫩平原。最低值分布在南部靠近沿海的辽东半岛。第 1 主成分可看作是全东北地区多日照或寡日照的日照偏差分布型。

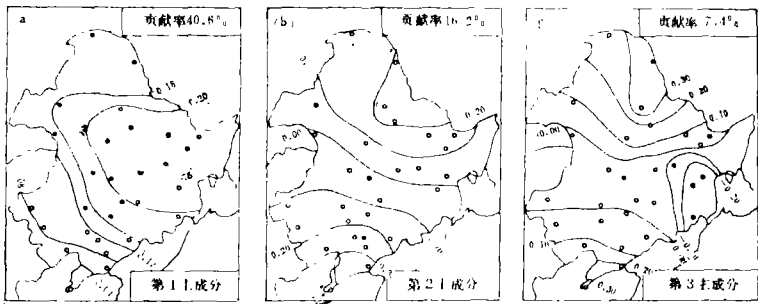


图 4 多年日照偏差的变动成分 (第 1—第 3 成分) 的特征向量分布
The distribution of the eigenvectors about variable components (the first to the third components) of secular sunshine deviation

第 2 主成分说明全变动的 16.2% (图 4b), 符号在本区的北部为负, 在南部为正。正负域分界线大致同 45°N 线成 45° 交角。正域中心在辽东半岛的东部山地一带, 负域中心在小兴安岭北端和黑龙江流域中游一带。第 2 主成分可看作是南多北寡或南寡北多的日照偏差分布型。

第 3 主成分说明全变动的 7.4% (图 4c)。符号在本区的北部和南部均为正值, 中部为负值。正域中心分别在南、北两端, 负域中心在张广才岭和老爷岭一带。第 3 主成分可以看作是南、北多中间寡或南、北寡中间多的日照偏差分布型。

3. 因子负荷量对气候分区的意义 如前所述, 因子负荷量 ($f_{ij} = \sqrt{\lambda_i} \cdot l_{ij} / \sqrt{S_i}$), f_{ij} 是 X_i (某主成分) 和 x_j (某地点的气候要素值) 之间的相关系数。这就是说明, 在各个地点的 x_j 的时间变动同某个主成分 X_i 的时间变动是相关连的, 换句话说, 同哪个气象要素的优势分布型相关连, 是由 f_{ij} 的值来表示的。那么, 对全区域的地点而言, x_j 的时间变动相

类似的地点，这个 f 值也必然是相类似的。因此，使用对应 n 个主成分的 n 个 f 的值，在 n 次元空间内，从最类似的各地点开始（根据前述的聚类指标——距离），逐步地进行聚类分析，这样操作的结果，具有同质特性的地域（即本文中的气候区）就被划分出来。

综上所述，用因子负荷量进行气候区划是合理的。在各个气候区里的因子负荷量 f 的值，是各分区里的各个因子负荷量的平均值。通过这个 f 值同各个主成分 X_i 的对应关系，就能确定某气候区的某气候要素的时间变动特性，换言之， f 值是表示气候区特性的示性数。这就是根据气候要素的时间变动特性所进行的气候区划。

三、主成分聚类分析的结果

表 3 各主成分和各站点的气候要素间的因子负荷量*
The factor loadings between the climatic elements of each principal component and each station

因子负荷量 站点编号	主成分	气 温			日 照 时 间		
		1	2	3	1	2	3
1		6174	-6600	-1628	4230	-4416	4873
2		7839	-5547	-910	6161	-5420	3122
3		8531	-2167	-2972	6929	-1332	2322
4		7839	-5117	-977	6232	-5172	4165
5		8727	-2510	-2529	6505	-2690	1385
6		8978	-3536	-461	8158	-2721	2371
7		9013	-2896	1786	7970	-2973	1356
8		9040	-2967	-643	7957	-1518	1735
9		8447	-3332	2134	7210	-2100	531
10		9169	-1775	1447	7935	-258	-895
11		9012	-1122	2877	7065	-460	-2726
12		9294	-113	2711	8160	-1020	8
13		9033	-646	2934	7875	-80	-4307
14		9235	-121	2837	8445	-807	-1788
15		8821	1128	3553	7647	562	-4024
16		9043	768	2774	7685	155	-4683
17		9209	690	-1805	5958	718	-540
18		9554	535	1313	8086	397	-467
19		9196	673	-1951	4507	2218	-975
20		9273	2374	1064	7758	2334	165

21	9246	2162	- 718	6321	3578	- 522
22	8945	3628	346	6860	4575	- 99
23	7825	2367	1776	6672	2042	- 3933
24	7508	4254	1647	6137	2824	100
25	8727	1846	- 2629	4447	3507	- 1104
26	8380	3252	- 2823	4472	2791	- 304
27	8989	3227	- 1423	5451	5401	1471
28	8149	4051	- 2378	4077	4443	105
29	8522	4476	- 567	5116	6568	989
30	7835	4325	- 2248	3724	6170	1370
31	8175	3517	- 2733	2237	7175	3031
32	7632	4556	68	3288	7432	1427
33	7326	4132	- 1098	1941	8465	2515
34	7608	4229	380	2022	7163	3347
35	7336	4612	- 1876	173	6300	4814

• 因子负荷量的值是用其10⁴倍表示的

各主成分同各站点气候要素间的因子负荷量列于表 3，这是用主成分聚类分析进行气温和日照区划的必要资料。再由群平均法求出聚类间的类似度即群间的距离，如图 5 所示。由图 5 看出如果进行四级分区，可得到 7 个分区。其聚类形成的过程，用树形图（图6）表示。

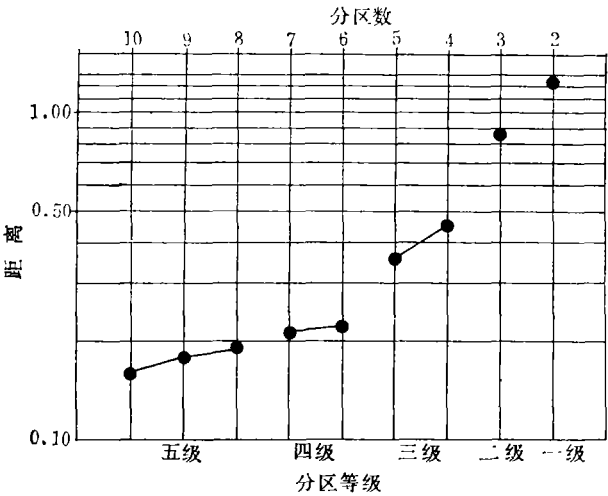


图 5 各聚类过程的群间的距离

The distances among the groups of each cluster process

在图 6 中的分区记号（如 I Aab₁ 等）的罗马数字是由气温的第 1、第 2 主成分的符号，大写的英文字母是由日照的第 1、第 2 主成分的符号，小写的英文字母分别由气温和日照的第 3

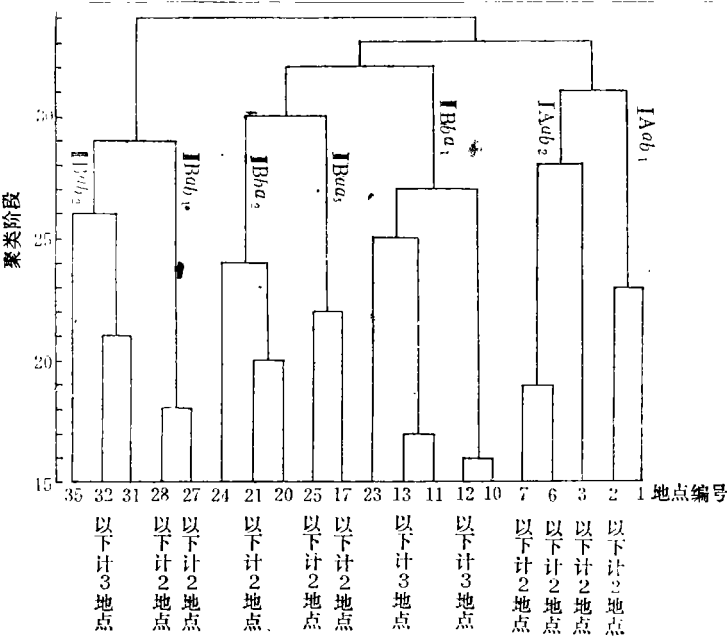


图 6 东北地区气温和日照的时间变动树形图
The dendrogram about time variation of air temperature and sunshine
in northeastern China

主成分的符号来决定的，角下的数字是表示进一步的细分。

由聚类分析得到的 7 个分区，其地理位置表示在图 7 上。图 7 就是由主成分聚类分析法得到的东北地区气温和日照区划图(在本文中，是四级分区)。各分区的地域特性归纳成表 4。

采用主成分分析和聚类分析相结合的方法，进行了东北地区气温和日照区划其优点是：由于采用在一定地域内的气候要素相对变动的差值作计算，所以对客观地探讨地域内部的特性是有效的，克服了传统区划方法中的人为主观性和区划指标的不统一性。但是，它不能同其它地域进行单纯的比较；另外，这种方法虽然能表示气候要素的相对的地域差，但不能表示气候要素的绝对值，这是它的缺点。如果使用这种区划方法，再根据生产上的需要，在分区中辅以必要的专业气候图或查阅已有的气候图（事实上，某些气候图是容易得到的），就

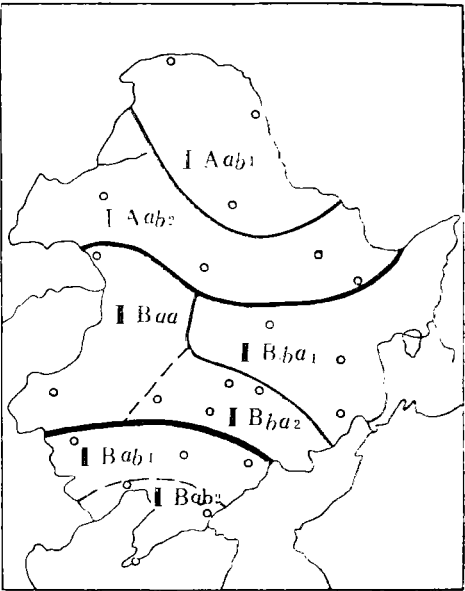


图 7 东北地区气温和日照的时间变动区划
The Climatic regionalization about time
variation of air temperature and sunshine
in northeastern China

表 4 各分区的气温、日照时间变动的特性数
The eigenvalues of time variation about air temperature and
sunshine in each climatic region

分区名	本区的中心 地 点	分区指标 (距离)	气温的因子负荷量			日照的因子负荷量		
			第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分
I Aab ₁	1	0.104	0.74	-0.58	-0.12	0.55	-0.50	0.41
I Aab ₂	3	0.189	0.88	-0.29	-0.03	0.75	-0.22	0.16
II Bba ₁	10	0.184	0.90	0.01	0.25	0.77	0.01	-0.25
II Baa	17	0.100	0.89	0.16	-0.23	0.48	0.23	-0.07
II Bba ₂	20	0.105	0.87	0.31	0.06	0.68	0.33	-0.01
II Bab ₁	27	0.073	0.84	0.40	-0.17	0.46	0.56	0.10
II Bab ₂	31	0.157	0.76	0.42	-0.11	0.19	0.73	0.30

可以比传统的气候区划更客观更可靠。

今后,通过探索区域气候特性的形成原因,进一步明确各分区气候的时间变动特性,是一个重要课题。

参 考 文 献

- (1) 竺可桢: 中国气候区域, 气象研究所集刊, 1, 1931年。
- (2) 中国科学院自然区划工作委员会: 中国气候区划(初稿), 科学出版社, 1959年。
- (3) 陈咸吉: 中国气候区划新探, 气象学报, 35—47, 40(1), 1982年。
- (4) 顾庭敏等: 山东省旱涝气候区划, 地理学报, 35(3), 1980年。
- (5) 丘宝剑、卢其尧: 中国农业气候区划试论, 地理学报, 35(2), 1980年。
- (6) 丘宝剑: 中国农业气候区划百论, 地理学报, 38(2), 1983年。
- (7) 钱纪良等: 关于中国干湿气候区划的初步研究, 地理学报, 31(1), 1965年。
- (8) 卢其尧等: 中国干湿期与干湿区划的研究, 地理学报, 31(1), 1965年。
- (9) 中央气象局编制: 中华人民共和国气候图集, 地图出版社, 1978年。
- (10) 串崎利兵衛: 上川地方的天气境界, 研究时报, 17, 1965年。
- (11) 榎山政子: 本邦气温の因子分析について, 地理学评论, 26(13), 1953。
- (12) 小島忠三郎: 主成分分析にすろ东北地方の詳細な气候区分, 农业气象, 29, 1973。
- (13) 岸原信义: 豪雨に关する研究(I), 日本林学会志, 60, 1978。
- (14) Walsh, J.E., The incorporation of ice station data into a study of recent arctic temperature fluctuations, Mon. Wea. Rev., 105, 1527—1535, 1977。
- (15) 刘多森等: 中国不同植被类型水热条件的数值辨识, 地理科学, 3(2), 1983年。
- (16) 河口至商: 多变量解析入门Ⅱ, 森北出版, 1973。

THE CLIMATIC REGIONALIZATION OF AIR TEMPERATURE AND SUNSHINE IN NORTHEASTERN CHINA

Zhao Huanchen

(Changchun Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

This article analyzed the principal components of air temperature and sunshine, the two major climatic elements, and defined the dominant distribution patterns of secular temperature deviation (Fig.3) and sunshine-hour deviation (Fig.4). Furthermore, the group average method was used to obtain the similarity (or distance, Fig.5) among the clusters with the factor loading (Tab.3) that are related to the rise and fall of the dominant distribution patterns. It was regarded as the indexes of the regionalization to make the cluster analysis (Fig.6). Finally, the climatic regionalization (Fig.7) of air temperature and sunshine with time change in Northeast China was completed.

It is a new method of the climatic regionalization combining the principal component analysis with the cluster analysis. It overcomes the short comings of subjectivity and nonunity of the regionalization indexes in traditional regionalizations. Meanwhile the article also indicated that the quantitative climatic regionalization should be applied combining with the special climatic map (or available climatic map). We should promote the advantages and overcome the shortages in order to provide reliable scientific basis for arranging the agricultural production structure to suit the local conditions.