

# 中国气候数值区划的研究

陈志鹏

(南京气象学院)

朱瑞兆 尹晓荣

(国家气象局气象科学研究所)

## 提 要

本文利用中国 432 个气象站的 30 年整编资料,运用数值方法对中国气候进行了区划,并与以往的中国气候区划进行了对比,发现两者结果基本上是一致的。数值气候区划方法具有客观定量之优点,又因引进了相似度的概念,使得不同气候型之间可以进行定量比较。

## 一、引 言

中外学者曾对气候区划作过许多研究。根据 1952 年 Knoch 和 Schulze<sup>(1)</sup>统计的方法就有近百种之多。我国的气候区划自 1929 年竺可桢开创至今已取得了不少成果。

纵观前人的气候区划工作,无论是要素选取还是要素分级都是凭借植被等自然景观分布结合经验进行的。因而使区划结果难以一致。为了直接通过分析气候资料来实现气候的区划,Litynski<sup>(2)</sup>在研究了大量的气候资料后,找出了各气候区之间的制约关系——等概率原则。并利用这一原则对全球气候作了区划,区划结果合理,并能较好地体现自然景观分布。由于区划运用统计方法,而结果又以数字形式体现,并且各气候型之间可以进行定量比较,故称之为数值区划。本文利用该方法并作某些改进,对我国的气候区划进行尝试。

## 二、气候要素的选取

### 1. 要素选取的方法

在筛选影响区划的诸要素时,应把那些既能反映气候本质特点又能最大限度包含气

候信息的要素找出来。对此我们可以通过对各要素的独立性分析来实现以上选择,使所选要素能包含最多的气候信息量<sup>(2)</sup>。但考虑到反映我国气候特点的要素很多,而且许多要素缺乏相应的资料,因而对所有要素进行独立性分析选出最佳要素比较困难。对此本文先依据一定的经验选出若干要素作为区划的备选要素,然后对其进行独立性分析,若彼此间相互独立,则选作区划要素;否则,再选其它要素进行独立性分析。

## 2. 要素的确定

根据我国的气候特点,我们拟选取 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温( $T$ )、干燥度( $D$ )和降水集中度( $C$ )作为区划的备选要素并作独立性分析。

$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温比较能反映农业气候热量资源。同时,以此为要素作出的区划也较易和植被分布相一致。所以本文以 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为一级要素指标。干湿情况是对气候与农业有重大影响的因子,故以干燥度作为二级区划要素指标。其计算方法按彭门公式<sup>(3)</sup>。三级区划要素指标采用了降水集中度<sup>(4)</sup>,它反映降水在时间上的分配情况,其表达式为:

$$C = (\text{最多四个月降水量} - \text{最少四个月降水量}) / \text{年降水量}$$

在对以上三个要素进行独立性分析时,笔者通过检验相关不成立反过来证明要素间的独立性<sup>(5)</sup>。

从全国 432 个气象台站中,选出 62 个具有气候代表性的站点资料进行统计计算,在置信度  $\alpha = 0.01$  的条件下,经检验,  $T$ 、 $D$ 、 $C$  三要素相互独立。因此 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温、干燥度、降水集中度被确定为本文气候区划要素。

## 三、气候要素的等概率划分

### 1. 等概率方法

利用等概率原则对上述要素进行分级时,可分为二个基本步骤:

#### (1) 气候要素概率分布的拟合

为了定量地表现要素分布特性,以便于进行等概率划分,首先要拟合出一条能正确反映某个要素分布规律的曲线。鉴于我国气象台站分布很不均匀,东部站点密集,资料充足,而西部则站点稀少,资料缺乏。因此如果直接利用这种资料来拟合要素概率分布曲线,必然导致变形误差。对此笔者在全国范围进行了网格化处理。根据我国的面积大小和站点数目,采用经纬度  $2^{\circ} \times 2^{\circ}$  网格,全国共有 220 个网格。在上述工作之后利用网格资料作直方图并进行拟合,即可得到要素概率密度函数。

#### (2) 气候要素的等概率划分及气候型的表示

##### (i) 利用等概率原则确定要素级别的边界

设要素概率分布函数为

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \rho(x) dx \quad (1)$$

若考虑将要素分成  $N$  个级别,则根据等概率原则,每个级别所占的概率应相等,为  $1/N$ 。

所以通过解方程:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \rho(x)dx = i/N \quad (i = 1, 2, \dots, N - 1) \quad (2)$$

即可求出:  $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}$ , 它们就是要素  $x$  的每个级别的边界值。

对于下列两种情况, 分别作如下处理<sup>[2]</sup>:

(a) 若  $x_i - x_{i-1}$  过分地大, 则可对其再进行一次等概划分, 分为两个级别。

(b) 若  $x_i - x_{i-1}$  过分地小, 则可并入邻近较窄的一个级别中。

(ii) 气候型的表示

若要素  $x$  分为  $N_x$  个级别, 则其第 1 到第  $N_x$  个级别可分别表示为  $1, 2, 3, \dots, i, \dots, N_x$ 。同样, 要素  $y$  第 1 到第  $N_y$  个级别可分别表示为  $1, 2, 3, \dots, j, \dots, N_y$ 。要素  $z$  的第 1 到第  $N_z$  个级别可分别表示为  $1, 2, 3, \dots, k, \dots, N_z$ 。那么任何一种气候型都可用一个三位数  $(i, j, k)$  来表示, 它具体地表现了一个地区的气候特点。

### 2. 三个要素的特点和分级

#### (1) $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温

从图 1  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温的频率直方图中可以看出, 积温频率分布很不对称。因而选用 Gibrat 截尾分布进行拟合。为了处理需要, 把曲线左端作虚线延长(参见图 1)。

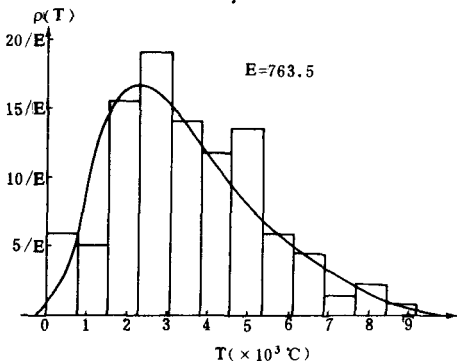


图 1 积温概率分布直方图及其拟合分布曲线

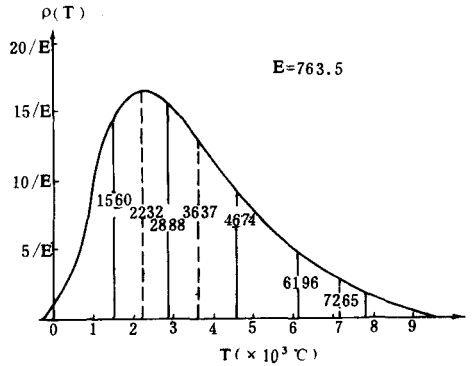


图 2 积温分级图

对序列作  $T+H$  变换, 使积温网格值序列由  $\{T_i\}$  变为  $\{T_i+H\}$ 。截尾点为  $T_0=H$ 。由于目前还没有直接的截尾偏态分布的拟合方法, 将其转换成正态截尾分布来处理。即对序列取对数, 则序列变为  $\ln(T_i+H)$ , 截尾点为  $\ln H$ 。

最终求得的  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温  $T$  的分布函数可写为:

$$R(T) = \frac{\Phi\left[\frac{\ln(T+H) - \ln U_2}{\ln E_s}\right] - \Phi\left[\frac{\ln H - \ln U_2}{\ln E_s}\right]}{1 - \Phi\left[\frac{\ln H - \ln U_2}{\ln E_s}\right]} \quad (3)$$

其中  $T \geq 0$ ,  $\Phi$  为正态分布函数。  $\ln E_i = \frac{\sum_{i=1}^n [\ln(T_i + H) - \ln H]}{n} \cdot g(z) = 0.5054$  及  $\ln U_i = -\sigma\rho + \ln H = 8.3218$ 。可采用文献[6][7]的方法求得,  $n$  为样本数,  $g(z)$ 、 $z$ 、 $\sigma$ 、 $\rho$  均为中间变量,  $H = 866.7$  为估计值<sup>[2]</sup>。对其进行统计检验求得

$$D_m = \max |R^*(x_n^*) - R(x_n^*)| = 6.568 \times 10^{-2}$$

取信度  $\alpha = 0.05$ , 则临界值  $\lambda_\alpha = 1.35$ 。因为  $\sqrt{n} D_m = 0.974 < \lambda_\alpha$ , 故拟合分布满足 Kolmogorov 检验。图1给出  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温频率直方图和拟合的概率分布密度曲线。将  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温划为七个等级。利用已求得的积温分布函数  $R(T)$ , 解方程

$$R(T) = i/7 \quad (i = 1, 2, \dots, 6) \tag{4}$$

即可得出七个等级的级别。

从图2可以看出, 级别2, 3, 4, 5表示的范围较窄, 而级别7的范围又显得过宽。如果以此划分气候, 必然造成温带划分过细, 热带划分过粗。因此将级别2, 3和级别4, 5分别合并。与此同时运用等概率原则将级别7一分为二, 得(6196—7265)和(7265— )两个级别。由于级别(7265— )还显得过宽所以再次进行等概划分, 这样级别7就被分成三个级别(6196—7265), (7265—7898)和(7898— ), 但是(7265—7898)相对过窄, 故将其并入左端级别中。最终的划分结果如下(见图2实线部分):

- 级别1: 0—1560 寒温带;      级别2: 1560—2888 中温带;
- 级别3: 2888—4674 暖温带;      级别4: 4674—6196 北亚热带;
- 级别5: 6196—7898 南亚热带;      级别6: 7898— 热带。

(2) 干燥度

利用全部干燥度网格资料作直方图时, 在  $0 < D < 16$  的很小范围内, 干燥度概率几乎占了90%以上, 而在  $D > 16$  的广阔范围内的概率却只有10%。从我国的干湿分布状况来看, 三分之二以上的面积在  $D < 16$  覆盖之下, 而  $D > 16$  的区域不到全国面积的三分之一, 并且我国的经济和农业发达区几乎全部集中在  $D < 16$  的区域内。因而如不加处理地直接区划, 就会大大降低区划精度。使东部划分过于粗浅, 而西部则又过于精细。对此, 本文以  $D = 16$  作为界线分为两部分。对  $0 < D < 16$  区间进行放大处理。而  $D > 16$  则专门划为一类。由于  $D = 16$  和传统区划上的极干旱边界一致, 故  $D > 16$  这一类恰好就属于极干旱。

图3是利用  $D < 16$  的网格化资料所作的直方图。其分布与  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温相比更具不对称性。干燥度越大概率就越小, 而干燥度越小概率就越大。很明显属于双曲线分布。其密度函数可表示为

$$f(D) = \frac{K}{(D + L)^\alpha} \tag{5}$$

其中  $K$ 、 $L$ 、 $\alpha$  为待求参数。对此首先求得  $L$  的估计值  $L = 2.0$ , 为了确定  $L$  的近似值, 在  $L = 2.0$  的周围, 从  $L = 1.0$  起每增加0.1取一个值, 一直到  $L = 4.0$ 。对应于每一个  $L$  值就利用(5)式作一次拟合, 求出拟合分布函数  $f(D)$ , 然后得出拟合效果:

$$S = \sum_{i=1}^n [f^*(D_i) - f(D_i)]^2$$

计算结果表明, 在  $L = 1.4$  处,  $S = 5.23 \times 10^{-3}$  取得最小值。这时可以认为拟合曲线最接近

于实际分布。同时求出  $K=1.803948, \alpha=2.039312$ 。

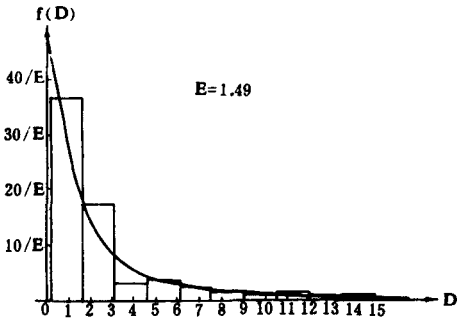


图3 干燥度概率分布直方图及其拟合分布曲线

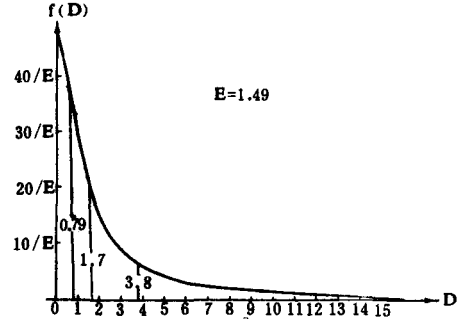


图4 干燥度分级图

从图3可以看出拟合结果很好地反映了实际分布规律,并且满足 Kolmogorov 检验。

我国的干湿划分一般分为极湿、湿润、亚湿润、亚干旱、干旱和极干旱<sup>(8),(9)</sup>。由于极干旱已被划出,所以考虑把干燥度划分为五个等级。利用等概率原则,最终区划结果如下(见图4):

- |              |      |               |      |
|--------------|------|---------------|------|
| 级别1: -0.79   | 湿润;  | 级别2: 0.79—1.7 | 亚湿润; |
| 级别3: 1.7—3.8 | 亚干旱; | 级别4: 3.8—16.0 | 干旱;  |
| 级别5: 16.0—   | 极干旱。 |               |      |

(3)降水集中度

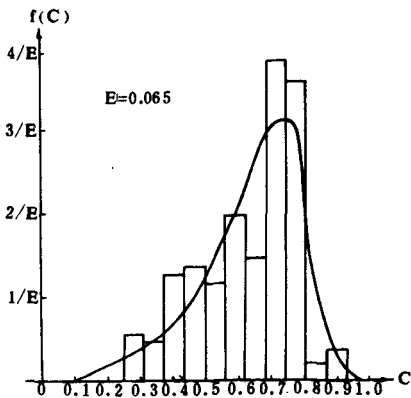


图5 降水集中度的概率分布直方图以及拟合分布曲线

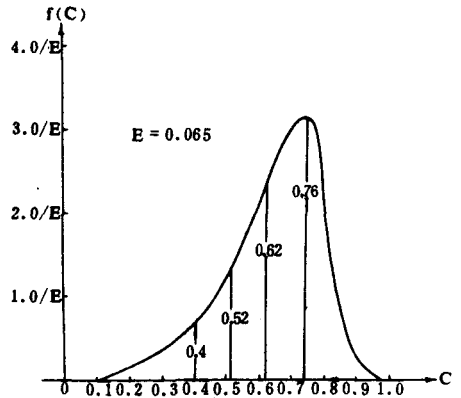


图6 降水集中度分级图

图5是降水集中度的频率直方图,是一种不对称分布,本文令  $U = 0.99 - C$ ,则原序列便转换成一个标准的 Gibrat 分布。其表达式为:

$$f(U) = \frac{1}{U \sqrt{2\pi \ln E_p}} e^{-\frac{(\ln U - \ln U_p)^2}{2(\ln E_p)^2}} \quad (6)$$

其中

$$\ln U_g = \sum_{i=1}^N \ln U_i / N = -1.1129$$

$$\ln E_g = \sqrt{\sum_{i=1}^N (\ln U_i - \ln U_g)^2 / N} = 0.43797$$

曲线满足 Kolmogorov 检验。

根据降水集中度的取值范围,将其划分为五个等级,并运用等概率原则,最终结果为(见图6):

- 级别1: -0.40 年降水均匀;
- 级别2: 0.40—0.52 年降水较均匀;
- 级别3: 0.52—0.62 年降水较集中;
- 级别4: 0.62—0.76 年降水集中;
- 级别5: 0.76— 年降水最集中。

### 四、区划结果及分析

#### 1. 气候型

在上一节中本文运用等概率原则,已得出各区划要素的分级标准。用此标准对全国气候进行区划,其结果见图7。图7将我国划为6个气候带、17种气候区、47种气候型。每个气候

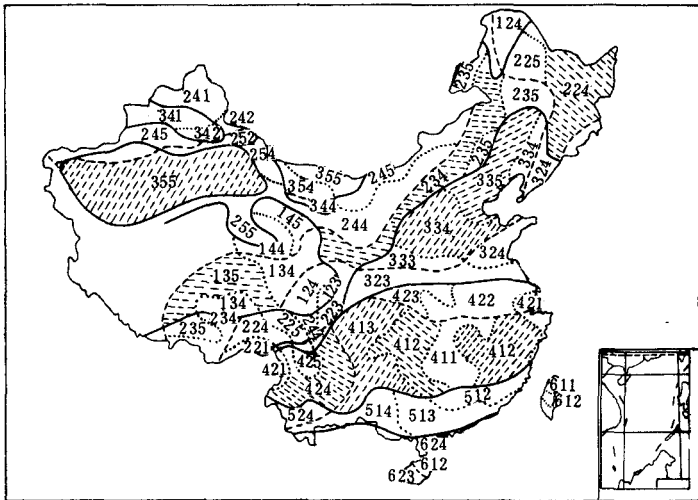


图7 全国气候数值区划  
(图中阴影部分为我国的常见气候型)

型由3个数字表示。第一个数字是 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温级别,表示该气候型所处的温度带;第二个数字是干燥度级别,表示该气候型所处的干湿区;第三个数字是降水集中度级别,表示气候型的年降水分配情况。三个数字综合起来,具体地反映了某区域的气候特征,例如412表示北亚热带、湿润、年降水较均匀。

对于上述区划结果,根据各类气候型的面积大小,选出了我国常见的9种气候型:

- 412—北亚热带湿润年降水较均匀型气候;
- 413—北亚热带湿润年降水较集中型气候;
- 424—北亚热带亚湿润年降水集中型气候;
- 334—暖温带亚干旱年降水集中型气候;
- 335—暖温带亚干旱年降水最集中型气候;
- 355—暖温带极干旱年降水最集中型气候;
- 224—中温带亚湿润年降水集中型气候;
- 234—中温带亚干旱年降水集中型气候;
- 135—寒温带亚干旱年降水最集中型气候。

## 2. 气候型的相似性

以数字形式表示的气候型为任意两个气候型之间的定量比较提供了基础。

设两种气候型分别为: $(i, j, k)$ 和 $(i', j', k')$ ,气候型的相似度 $C_r$ 的数学表达式为<sup>[2]</sup>:

$$C_r = 1 - \sqrt{\frac{\sum_n (\Delta n)^2}{f}} \quad (n = i, j, k) \quad (7)$$

其中 $\Delta n$ 为两种气候型在某要素 $n$ 上的差异。 $\sum_n (\Delta n)^2$ 则反映了两种气候型之间的综合差异程度。 $f$ 则为 $\sum_n (\Delta n)^2$ 的最大值,反映了区划中最大的气候差异。当 $C_r=0$ ,则表示两气候型不相关;当 $C_r=1$ ,则完全相关。

本区划中, $f=(6-1)^2+(5-1)^2+(5-1)^2=57$ ,故具体的 $C_r$ 表达式应为:

$$C_r = 1 - \sqrt{\frac{(i-i')^2 + (j-j')^2 + (k-k')^2}{57}} \quad (8)$$

利用(8)式,本文计算了全国47种气候型之间的相似度。其最小值为 $6.341422 \times 10^{-2}$ ,对应的气候型为611和145;最大值为0.8675468,对应的气候型为624和623。它定量地反映了气候型之间的相似和差异程度。611和145一个位于热带,一个位于寒温带;一个处于湿润情况,一个处于干旱情况;至于降水集中度,一个年降水均匀,而另一个则降水最集中,故气候差异最大,相似度为最小。而624和623仅在降水分配上略有差异,故气候很相似,相似度也最大。

## 3. 结果的对比分析

为了有效的看出数值气候区划的实际效果,特分别对三个要素的区划结果和以往的结果作了对比。图8、9、10分别显示了 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温、干燥度、降水集中度的对比差异。可以看

出两者基本上是一致的,几个气候带气候区所处的位置,纬度及范围大小也是相吻合的,只是在个别的区存在小的差异.所以可以认为数值气候区划作为一种新的区划方法是可行的.至于差异可能有下列两方面的原因:

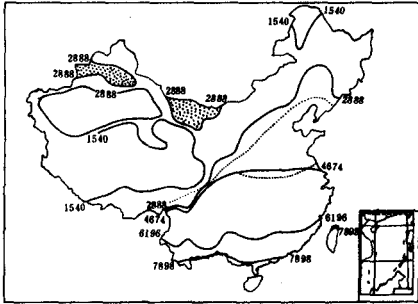


图8 积温区划结果对比图

(图中阴影部分为新增的两个暖温带区域,虚线表示以前区划中和本区划的差异部分)

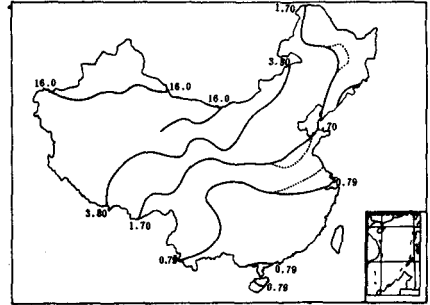


图9 干燥度区划结果对比图

(图中虚线表示以前区划中和本区划的差异部分)

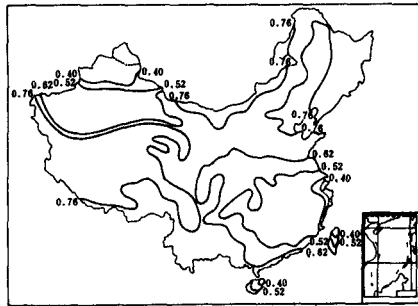


图10 降水集中度区划结果对比图

(图中虚线表示以前区划中和本区划的差异部分)

(1)观测资料原因:在1959年中国气候的区划图上,准噶尔盆地和内蒙古西北部地区均划为中温带<sup>[8]</sup>,当时的划分标准是积温 $\leq 3400^{\circ}\text{C}$ 为中温带.然而根据目前的资料<sup>[10]</sup>,此两地的积温均大于 $3400^{\circ}\text{C}$ .即使根据当时的划分标准此两地也应属于暖温带.因为就植被而言,两地均属沙漠景观,夏季干燥炎热,相似于暖温带的塔里木盆地.本区划暖温带的边界为 $2888^{\circ}\text{C}$ ,所以本文将这两地划入暖温带中.

(2)地形原因:从图8中的北亚热带北界位置可以看出,1959年区划的北界定在本区划北界之南,正好顺应淮河.然而若按其划分标准北界指标为 $4500^{\circ}\text{C}$ ,这样其北亚热带北界实际上应在兖州、济宁、长垣、洛阳一线.这就比本区划的北亚热带北界还要偏北.由此可以看出,在1959年的区划中,经验上的地形的考虑占了很大的比重.而在本区划中,使用三要素实际台站所在海拔高度的地面气候观测资料进行区划,真实地反映了数值区划的实际效果.

综上所述,数值区划方法作为一种新的方法和过去的传统方法相比具有客观量化之优点.它为区划的深入研究提供了新的途径.加之整个资料处理过程的计算机化,因而特别适合于现代科学发展的需要.



## 参 考 文 献

- [1] Knoch, K. und A. Schulze, Methoden der Klimaklassifikation, Justus Ponthes Gotha, 1952.
- [2] Litynski, Joseph K., The numerical classification of the world's climates. WCP/PMC-63, 1984.
- [3] Penman, H.L., Woburn irrigation 1951—1959, *The Journal of Agricultural Science*, 58, Part 3, June, 1962.
- [4] 张家诚、朱瑞兆, 中国自然环境保护图集, 地图出版社, 1990年。
- [5] 屠其璞等, 气象应用概率统计学, 气象出版社, 1984年。
- [6] Hald, A., Statistical theory with engineering applications, John Wiloy & Sons, 1952.
- [7] Hald, A., Statistical tables and formulas, John Wiloy & Sons, 1952.
- [8] 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。
- [9] 中央气象局, 中华人民共和国气候图集, 地图出版社, 1979年。
- [10] 北京气象中心资料室, 1951—1980中国地面气候资料, 气象出版社, 1984年。

## A STUDY OF THE NUMERICAL CLASSIFICATION OF THE CLIMATES IN CHINA

Chen Zhipeng

(*Nanjing Institute of Meteorology*)

Zhu Ruizhao      Yin Xiaorong

(*Academy of Meteorological Science, SMA*)

### Abstract

A numerical classification of climates in China is conducted using meteorological data of 30 years at 432 stations. The results are similar to those obtained before with the traditional methods. Thus it is feasible to apply the numerical method to climatic classification in China. In addition, the numerical classification expressed in numerals is objective and quantitative, and thus it is convenient to treat the meteorological data with computers in climate classification. The concept of similarity is also used to compare quantitatively among different climatic types.