

四川盆地气温相关函数场的分析 及其在站网设计中的应用

杨贤为 何素兰 张 强

(国家气象中心)

提 要

本文利用四川盆地54个站20年的日平均气温资料,从统计各月气温场的相关函数着手,推算出相对内插标准误差与相关函数的统计关系,并根据内插标准误差应不大于观测随机误差的原则,估算出该地区气温场的最大容许测站间距。

关键词: 相关函数;内插标准误差;观测随机误差;站网设计。

一、引 言

分布合理、密度适中的气象观测站网,根据其观测资料所计算的内插值在任何地点都应具有足够的精度。如站网太稀就不可能达到必要的内插精度;但站网过密又会造成人力、物力和财力的巨大浪费。因此,如何以最小的站网密度来达到必要的内插精度,是我们进行站网设计所寻求的主要目标之一。

由于不同要素之间、同一要素在不同季节与不同地区之间的内插精度随距离的分布规律均有所不同,站网设计应针对不同的要素、季节、地区分别进行,并将取得的结果综合比较、全面衡量,以便最终设计出比较合理、切实可行的台站间距方案。我们曾采用结构函数法对我国若干平原地区进行了一系列站网合理分布研究^[1-4],并取得了比较满意的结果。必须指出的是,采用结构函数法的先决条件是要素的方差场应大体均一^[5]。那么对于要素的方差场具有一定差异的地区,如何进行站网设计呢?本文以气温的方差场具有明显差异的四川盆地为例,试图以该要素的相关函数法来进行探讨。之所以选择气温进行研究,不仅因为气温是表示该地区热力状况的重要因子,而且还因为气温是二类站网^[5](相当于我国的一般气候站网)的主要观测项目。

二、研究区的范围和资料

本研究所选的区域在四川省境内,大体位于 $28^{\circ}-32^{\circ}\text{N}$ 和 $104^{\circ}-107^{\circ}\text{E}$ 之间,面积约 128000km^2 。我们采用区内54个台站1961—1980年期间1、4、7、10月份的日平均气温(以下简称气温)资料分别代表冬、春、夏、秋的情况。为了减小或消除观测资料序列持续性的影响,我们在各月的资料序列中,采取挑一天隔两天的方法挑选11天的气温资料作为计算样本。

1987年6月24日收到,11月1日收到修改稿。

三、研究区气温方差和海拔高度的分布特征 及其与平原地区的比较

设 $T'(A)$ 表示气温 T 在区内 A 点与其平均值的偏差, 即

$$T'(A) = T(A) - \overline{T}(A). \quad (1)$$

偏差的均方叫做方差

$$D_T(A) = \overline{T'^2}(A) \quad (2)$$

方差表示气温序列的离散程度, 根据上式, 我们计算出区内所有站点在 1、4、7、10 各月的方差, 并绘制了各月的方差分布图¹⁾. 总的来说, 这四个月的方差场都存在着一一定的地理差异, 其分布趋势也都比较相似. 在此仅以 7 月为例(参见图 1), 从图 1 看出该区 7 月的气温方差呈现出自西向东逐步递增的趋势. 与河北平原同月的气温方差场相比显然不同, 图 2 反映出河北平原 7 月气温的方差场相当均一, 其余月份的气温方差场也是这样(图略). 再从这两个地区的地势坡度来看, 也同样存在明显的差异. 为了简单起见, 我们对四川盆地和河北平原分别沿 30°N 及 38°N 两条纬线绘制出各自的海拔高度剖面图(图 3), 由图中可直观看出四川盆地的平均坡度比河北平原要大得多. 由此可以认为, 四川盆地气温方差场的不均匀性很可能与该区地势的起伏度有关.

文献[5]指出, 如气象要素的方差在所讨论的地区内有明显的变化, 那么应该用标准

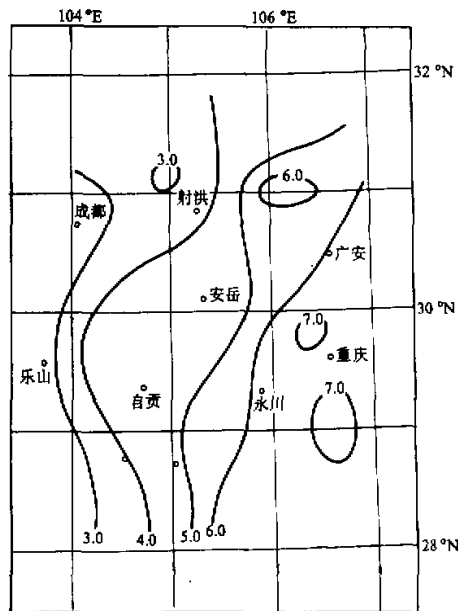


图 1 四川盆地 7 月气温方差分布图

1) 严格地说, 由于观测随机误差的作用, 采用观测资料计算的方差场与理论值的方差场之间略有差异, 但两者的分布趋势完全一致, 故本文以前者代替后者.

化偏差而不是用偏差来进行线性内插. 本文所用的相关函数法正是在消除了方差不均性的标准化偏差基础上进行演算的.

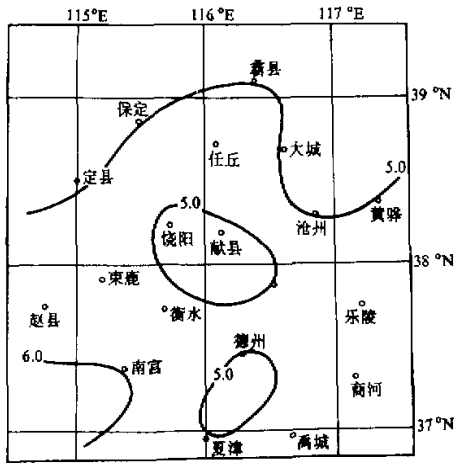


图2 河北平原7月气温方差分布图

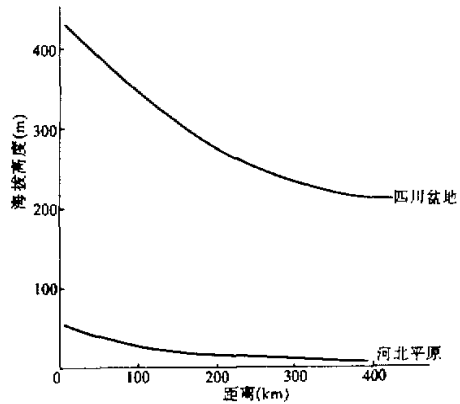


图3 沿四川盆地30°N、河北平原38°N纬线的海拔高度剖面图

四、相关函数的定义及计算方法

在介绍相关函数的定义之前, 必须先引入标准化偏差的概念. 就气温而言, 某点偏差与该点均方差之比称气温在该点的标准化偏差, 即

$$S_T(A) = \frac{T'(A)}{\sqrt{D_T(A)}} \quad (3)$$

这是一个无量纲值. 任意两点标准化偏差积的平均叫做这两点之间的相关函数

$$r_T(A, B) = \overline{S_T(A) \cdot S_T(B)} \quad (4)$$

假定相关函数在本区满足均匀性和各向同性, 那么相关函数仅为距离的函数^[6]. 当 A 、 B 的间距为 d 时, 可写成

$$r_T(d) = r_T(A, B) \quad (5)$$

$r_T(d)$ 是在气温理论值的基础上获得的, 采用观测资料计算的相关函数用 $r_T'(d)$ 表示. 两者的关系留待下面讨论. 在算得可能组合的每对台站 $r_T'(d)$ 的基础上, 点绘出四川盆地各月气温场的相关函数与距离的关系曲线如图4. 可以看出, 该区气温相关函数随距离的变化具有明显的季节差异, 4月相关最好, 7月最差, 1月、10月居中.

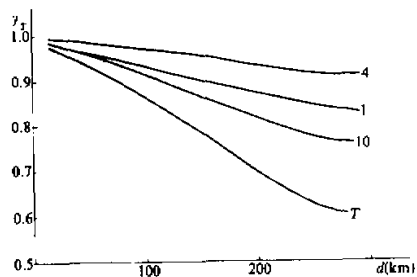


图4 四川盆地各月气温场的相关函数 (r_T') 与距离的关系曲线

五、相对内插标准误差与相关函数的关系

设距离为 d 的 A 、 B 两点的标准化偏差分别为 $S_T(A)$ 和 $S_T(B)$ ，由于观测数据中不可避免地包含着观测随机误差^[1]，因此这两点连线中点 C 处的内插值应为

$$\tilde{S}_T(C) = \frac{1}{2} [S_T(A) + \mu_T(A) + S_T(B) + \mu_T(B)], \quad (6)$$

其中 $\mu_T(A)$ 和 $\mu_T(B)$ 称 A 、 B 两点的标准化观测随机误差，其表达式为

$$\mu_T = \frac{\delta_T}{\sqrt{D_T}}, \quad (7)$$

上式中 δ_T 叫做观测随机误差，从文献 [1] 得知，可假定

$$\overline{\delta_T(A) \cdot \delta_T(B)} = 0, \quad (A \neq B \text{ 或 } A = B) \quad (8)$$

和

$$\overline{\delta_T(A) \cdot \delta_T(B)} = \begin{cases} 0, & (A \neq B) \\ \sigma_T^2(A), & (A = B) \end{cases} \quad (9)$$

同样可假定

$$\overline{\mu_T(A) \cdot \mu_T(B)} = 0, \quad (A \neq B \text{ 或 } A = B) \quad (10)$$

以及

$$\overline{\mu_T(A) \cdot \mu_T(B)} = \begin{cases} 0, & (A \neq B) \\ \eta_T(A) = \frac{\sigma_T^2(A)}{D_T(A)}, & (A = B) \end{cases} \quad (11)$$

$\eta_T(A)$ 叫做 A 点的标准化观测随机均方误差。设 C 点标准化偏差的真正值是 $S_T(C)$ ，则该点的相对内插标准误差为

$$\varepsilon_T = \left\{ \frac{1}{2} [S_T(A) + \mu_T(A) + S_T(B) + \mu_T(B)] - S_T(C) \right\}^2. \quad (12)$$

根据 (4)、(10)、(11) 式的结果，(12) 式可变换成

$$\begin{aligned} \varepsilon_T = \frac{1}{4} [r_T(A, A) + \eta_T(A) + r_T(B, B) + \eta_T(B) + 2r_T(A, B)] \\ + r_T(C, C) - r_T(A, C) - r_T(C, B). \end{aligned} \quad (13)$$

再假设气温的相关函数仅为距离的函数 (即满足 (5) 式)，且各点的标准化观测随机均方误差相等，即

$$\eta_T = \eta_T(A) = \eta_T(B) = \eta_T(C), \quad (14)$$

于是 (13) 式可简化成

$$\varepsilon_T = \frac{3}{2} + \frac{1}{2} r_T(d) - 2r_T\left(\frac{d}{2}\right) + \frac{1}{2} \eta_T. \quad (15)$$

(15) 式表示相对内插标准误差与相关函数的统计关系。由于式中的 r_T 是在气温理论值的基础上获得的，必须将它换算成 r_T' ，方可采用观测资料进行计算。从定义出发

$$\begin{aligned}
r_T'(A, B) &= \frac{[T'(A) + \delta_T(A)][T'(B) + \delta_T(B)]}{\sqrt{[T'(A) + \delta_T(A)]^2} \sqrt{[T'(B) + \delta_T(B)]^2}} \\
&= \frac{T'(A) \cdot T'(B)}{\sqrt{D_T(A) + \sigma_T^2(A)} \sqrt{D_T(B) + \sigma_T^2(B)}} \\
&= \frac{T'(A) \cdot T'(B)}{\sqrt{D_T(A)D_T(B) \left[1 + \frac{\sigma^2(B)}{D_T(B)} + \frac{\sigma_T^2(A)}{D_T(A)} + \frac{\sigma_T^2(A)\sigma_T^2(B)}{D_T(A)D_T(B)} \right]}} \\
&= r_T(A, B) \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \eta_T(B) + \eta_T(A) + \eta_T(A)\eta_T(B)}} \\
&= r_T(A, B) \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + 2\eta_T + \eta_T^2}} \\
&= r_T(A, B) \cdot \frac{1}{1 + \eta_T} \quad (16)
\end{aligned}$$

(16)式的另一形式是

$$r_T'(d) = r_T(d) \cdot \frac{1}{1 + \eta_T} \quad (17)$$

当 $d=0$ 时, $r_T(0)=1$, 因此

$$r_T'(0) = r_T(0) \cdot \frac{1}{1 + \eta_T} = \frac{1}{1 + \eta_T},$$

或

$$\eta_T = \frac{1}{r_T'(0)} - 1, \quad (18)$$

其中 $r_T'(0)$ 表示采用观测资料计算的相关函数曲线外延到零距离的数值. 将(17)式代入(15)式可得

$$\varepsilon_T = \frac{3}{2} + (1 + \eta_T) \left[\frac{1}{2} r_T'(d) - 2 r_T' \left(\frac{d}{2} \right) \right] + \frac{1}{2} \eta_T, \quad (19)$$

将(18)式代入又得

$$\varepsilon_T = 1 + \frac{1}{r_T'(0)} \left[\frac{1}{2} r_T'(d) - 2 r_T' \left(\frac{d}{2} \right) \right] + \frac{1}{2 r_T'(0)}. \quad (20)$$

利用(20)式, 便可根据气温的观测资料计算出四川盆地气温场在各月不同距离下的

表1 四川盆地气温相对内插标准误差(ε_T)与距离(d)的关系

ε_T 月份 \ $d(\text{km})$	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
1	0.015	0.020	0.026	0.031	0.037	0.042	0.048	0.054	0.059	0.065
4	0.0015	0.0020	0.0035	0.0040	0.0060	0.0065	0.0085	0.014	0.017	0.023
7	0.017	0.018	0.025	0.033	0.042	0.053	0.065	0.078	0.092	0.105
10	0.011	0.013	0.013	0.019	0.025	0.032	0.037	0.045	0.053	0.069

ε_T 值(见表 1, 表中的 ε_T 也是一个相对值), 并绘制相应的关系曲线如图 5.

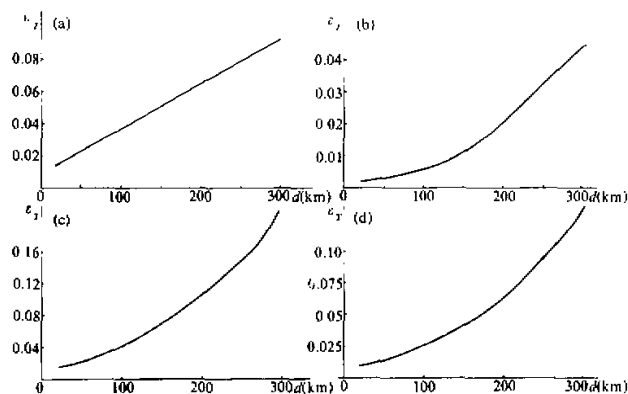


图 5 四川盆地各月气温场的相对内插标准误差(ε_T)与距离的关系曲线

(a) 1 月份, (b) 4 月份, (c) 7 月份, (d) 10 月份

六、气温场最大容许间距的确定

由于气温在不同季节的相对内插误差存在明显的差别, 为此需解决如何确定适用于不同季节的最大容许误差, 并据此推算各季通用的最大容许间距问题. 参照文献 [5] 的研究结果, 确定最大容许误差应以点值内插误差不超过观测随机误差为原则. 不难证明, (15) 式右边前三项表示纯粹由内插造成的误差量, 最后一项为观测随机误差所引起的内插误差的偏高量. 为达到上述要求, 应满足

$$\frac{3}{2} + \frac{1}{2} r_T(d) - 2 r_T\left(\frac{d}{2}\right) \leq \eta_T, \quad (21)$$

再代入 (15) 式, 得

$$\varepsilon_{Tm} \leq \frac{3}{2} \eta_T. \quad (22)$$

根据 (22) 式我们算得四川盆地各月的最大容许误差 ε_{Tm} 及其对应的距离 (见表 2). 从各月的最大容许间距来看, 4 月最长, 7 月最短, 1 月、10 月介于两者之间. 其与各月气温场的相关函数随距离的分布曲线看具有良好的对应关系. 我们只要选择表 2 所列出的最大容许间距的最小值 (62 km), 便可使其所对应的 ε_{Tm} 在各月都满足 (23) 式. 也就是说, 这样可保证各月由“内插”造成的误差均不超过由“观测”造成的误差.

表 2 四川盆地气温场的最大容许误差及其对应的距离

月份	1	4	7	10
项目				
最大容许误差	0.031	0.0045	0.026	0.020
最大容许距离	80	95	62	80

若以 62 km 作为该区一般站的合理间距, 则该区应有一般站 34 个, 现有站数可减

少20个。如我们在不考虑该区方差不均一性影响的情况下,用结构函数法对四川盆地的气温进行计算,得出最大容许间距的最小值为70km,这样该区只需一般站27个,原站数可减少27个。

从上述两种方法的计算结果来看,我们认为对于高差较大的四川盆地,采用相关函数法的结果将更能准确地反映该区的天气、气候实况。

致谢: 本文承朱抱真、孙安健同志审阅并提出修改意见,谨以致谢。

参 考 文 献

- [1] 杨贤为、何素兰,1987,江淮平原二类气象站网的设计,气象学报,第45卷,第1期,104—110.
- [2] 杨贤为,1986,江淮平原雨量站网的合理分布研究,安徽气象,第4期,26—29.
- [3] 何素兰,1986,河北平原气象台站网合理布局的探讨,河北气象,第4期,73—79.
- [4] 崔伟强,1987,雨量站网的设计,气象,第4期,25—27.
- [5] Gandin, L. S., 1970, The Planning of Meteorological Station Networks, Tec. Note. III WMO, 5—11.
- [6] Mooley, D. A., and P. M. Mohamed Ismail, 1982, Correlation Functions of Rainfall Field and Their Application to Network Design in the Tropics, PAGEOPH, 120, 249—260.

全国首届天地生与减轻灾害学术讲座在青岛市举行

由国家气象局气象科学研究院、山东省气象局、山东省气象学会、青岛天文气象学会联合举办的“全国首届天地生与减轻灾害学术讲座”,于1990年7月20—70日在青岛海军潜艇学院举行,来自全国有关部委局、高等院校、科研机构、人民解放军及17个省、市、自治区气象、海洋、天文、水利、地震、航空、保险、盐业等共58个单位的93位从事有关天地生和减灾研究的专家、学者和科技工作者参加了这次讲座。

这届学术讲座,是为配合“国际减灾十年”活动而举办的,其目的在于推广应用我国近几年来天地生高层次的综合研究成果,传授介绍新的减灾手段和方法,以使科学技术更好地为减轻自然灾害服务。

主讲人有:气象科学研究院任振球研究员、北京大学刘式达教授、南京空军气象学院陈良栋教授、中国科学院海洋研究所韩有松研究员、美国著名地质学家、纽约市立大学V. Goldsmits教授等9位学者,他们分别讲授了“我国天地生综合研究的进展”、“地球系统科学及混沌时间序列”、“气象雷达与强对流天气”、“气候海平面与海岸环境”、“引潮力与天气气候异常”、“海水内浸灾害的综合治理”、“河海环境演变与保护”等专题。

为期8天的学术讲座,使参加者了解了我国自1983年开始至今的天地生综合研究所取得的各项丰硕成果;明确了天文、地球、生物三者是相互联系的整体;要突出灾害、灾变成因和方法并重的预测研究,需多学科交叉、中西交叉、古今交叉;树立了地球整体观、天地生统一观、天地生人系统观,注重揭露事实,掌握演变规律;学习了各种自然灾害(特别是气象、海洋灾害)不同尺度的时空分布特征、成因机制及其对国民经济的影响和不同领域灾害的监测与预报方法、防灾抗灾对策,这将对发展我国天地生人的进一步综合研究和推动我国实施“国际减灾十年”活动,产生积极的影响。

为贯彻“双百”方针,活跃学术空气,讲座还邀请与会学者登台讲演,畅谈各自的见解。对此,反响强烈,深受好评,收到了较好效果。

(青岛市气象局)