

# 雨量站网的设计

## ——江汉平原雨量站网合理分布

崔伟强

(北京气象中心)

### 提 要

本文用江汉平原地区 42 个气象站 1961—1985 年的日降水量资料进行统计和分析, 得出该区域的雨量站间距 30km, 为最佳距离。同时指出该方法也适用于平原地区其它类型气象站网的设计。

### 一、前言

水是人类生存和生产不可缺少的物质, 植被, 农作物等是否生长, 除了热量条件之外, 主要取决于降水量的多寡。

降水不但是气象学中一个重要的气象要素, 而且也是水文部门的重点研究对象。按照可能最大降水造成最大洪水设计水库防洪库容, 规划流域内各项水利设施的配置, 调度和运用, 需要掌握暴雨的分布和变化, 暴雨的移动路径和速度等。

因此, 研究降雨的形成原因与其量的大小和分布, 以及降水的预报, 在实际工作和理论研究上都具有很重要的意义。所有这些都离不开气象站或雨量站收集的降水资料。而测站的合理分布就更显得十分重要。

对于气象台站的合理分布问题, 自从德罗兹多夫—塞普列夫斯基 (Drozdozov—Seplevskij) 介绍了结构函数概念后, 结构函数已经被广泛用于设计气象台站网和气象要素的客观分析, 如气象站网的设计<sup>[1]</sup>, 雨

量场的结构函数及其在热带台站网设计中的应用<sup>[2]</sup>, 地面气温、温度场内插标准误差的分布特征<sup>[3]</sup>等。

本文对江汉平原地区各季雨量场结构函数进行了分析, 得出该地区的雨量站网合理分布的站间距离。

### 二、雨量站网的设计方法

假使任意时间间隔, 任意地点  $(x, y)$  的降水值对其平均值的差值为  $R'(x, y)$ , 若彼此相距为  $d$  的两点  $i$  和  $j$ , 其降水结构函数为  $i$  和  $j$  两点  $R'(x, y)$  的差值平方的平均, 即:

$$b(x_i, y_i, x_j, y_j) = \frac{[R'(x_i, y_i) - R'(x_j, y_j)]^2}{2} \quad (1)$$

两点的偏差  $R'(x, y)$  乘积的平均为方差函数:

$$m(x_i, y_i, x_j, y_j) = \frac{R'(x_i, y_i) \cdot R'(x_j, y_j)}{2} \quad (2)$$

在测量某一点的气象要素时存在着系统

和随机两部分误差, 当我们使用气象要素的偏差时, 系统误差水部分可以消去, 随机误差那部分却仍保留下来, 而且随机误差难以直接计算出来, 只能通过统计方法, 间接地求出, 因此 (1) 式应为

$$B(x_i, y_i, x_j, y_j) = \frac{[R'(x_i, y_i) + \delta(x_i, y_i)] - [R'(x_j, y_j) + \delta(x_j, y_j)]}{2} \quad (3)$$

Gandin<sup>[1]</sup>提出关于随机误差最简单的假设是

$$\overline{\delta(x_i, y_i)R'(x_j, y_j)} = 0 \quad (4)$$

以及

$$\overline{\delta(x_i, y_i)\delta(x_j, y_j)} = \begin{cases} 0 & i \neq j \\ \sigma^2 & i = j \end{cases} \quad (5)$$

$\sigma^2$  为观测标准误差, 于是 (3) 式为:

$$B(x_i, y_i, x_j, y_j) = b(x_i, y_i, x_j, y_j) + 2\sigma^2 \quad (6)$$

当  $x_i \rightarrow x_j, y_i \rightarrow y_j$ , 则:

$$\lim_{\substack{x_i \rightarrow x_j \\ y_i \rightarrow y_j}} B(x_i, y_i, x_j, y_j) = 2\sigma^2 \quad (7)$$

由 (7) 式可知, 观测标准误差  $\sigma^2$  的值, 是当距离趋于零时的结构函数值。它的大小不仅受观测随机误差的影响, 也受小气候不规则变化影响。因此在计算结构函数时, 必须考虑观测标准误差  $\sigma^2$ , 以便消除它的影响。

假设 方差函数是均匀的, 各向同性的, 且两站的观测标准误差  $\sigma^2$  相等, 德罗兹多夫—塞普列夫斯基给出了位于  $x$  轴上距离为  $d$  的两个测站之间任意一点的线性内插标准误差公式:

$$E = (1 - \frac{x}{d})b(x) + \frac{x}{d}b(d-x) - \frac{x}{d}(1 - \frac{x}{d})b(d) + [1 - 2\frac{x}{d} + 2(\frac{x}{d})^2]\sigma^2 \quad (8)$$

在线段的中点  $x = \frac{d}{2}$ , 内插标准误差  $E$

最大, 为:

$$E = b(\frac{d}{2}) - \frac{1}{4}b(d) + \frac{1}{2}\sigma^2 \quad (9)$$

(9) 式中的结构函数  $b(\frac{d}{2})$  和  $b(d)$  不

含有观测标准误差  $2\sigma^2$ , 用实测资料计算时, 要分别减去  $2\sigma^2$ , 所以 (9) 式应为

$$E = B(\frac{d}{2}) - \frac{1}{4}B(d) - \sigma^2 \quad (10)$$

从 (9) 式可以看出, 等式右边前两项是由于内插造成的误差量, 最后一项是观测标准误差引起的增量, 为使内插标准误差不超过观测标准误差, 应满足:

$$b(\frac{d}{2}) - \frac{1}{4}b(d) \leq \sigma^2 \quad (11)$$

代入 (9) 式, 得:

$$E \leq \frac{3}{2}\sigma^2 \quad (12)$$

满足 (12) 式关系的  $E$  所对应的距离  $d$  称为最佳距离。

### 三、计算和分析

本文使用了 1961—1985 年共 25 年江汉平原地区 (29°15'—32°17'N、111°05'—114°58'E) 42 个气象站的月降水量资料, 以 12、1 月代表冬季 (干季), 5、6、7 月代表夏季 (湿季), 3、4 月代表春季, 9、10 月代表秋季, 春、秋季为过渡季节。

用 (1) 式分别计算各季、各站之间的月降水量结构函数, 把计算出的不同距离上的结构函数值点绘到图上, 根据点子的变化趋势, 描出结构函数随距离变化曲线 (图 1)。

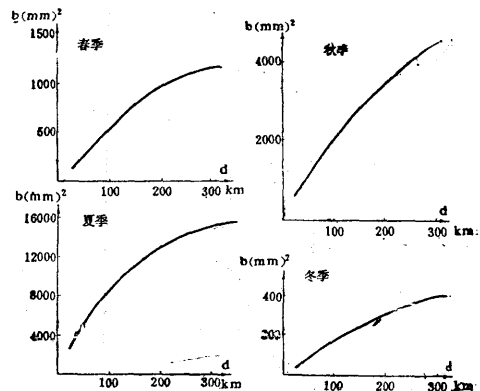


图 1 各季降水量结构函数随距离变化曲线

由图 1 可见, 各季降水量结构函数变化总趋势是一致的, 随距离增大而增大, 但变化的幅度不一样, 这与各季的降水量多寡有关。

求出了不同距离的结构函数值, 可以由 (10) 式推算出内插标准误差  $E$  与距离  $d$  的对应关系。图 2 给出了各季月降水量内插标准误差  $E$  随距离  $d$  的变化。它们的共同特征

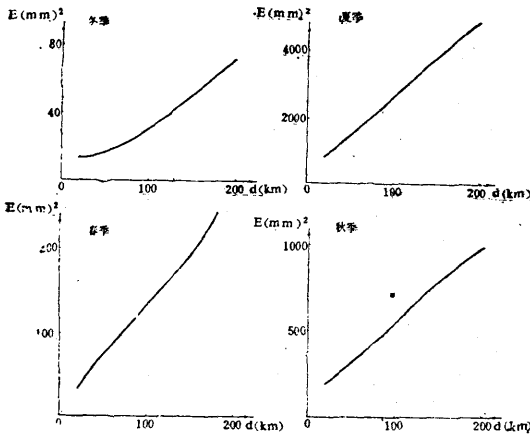


图2 各季自降水量内插标准误差随距离变化曲线也与结构函数随距离变化相似, 随距离的增大而增大。内插标准误差有差异, 夏半年比冬半年要大。这是因为夏半年热带暖湿气团活动强盛, 雨量集中; 冬半年常在大陆干冷气团控制下, 降水量甚少。为更明了地表示这种差异, 把不同距离上的内插标准误差列于表1。

表1 各季不同距离上内插的标准误差值

√E (mm) 季节	距离 (km)				
	20	40	60	80	100
冬	3.43	4.60	4.30	4.90	5.57
春	6.00	7.89	8.92	10.25	11.41
夏	26.46	33.05	38.01	44.19	49.80
秋	12.6	15.45	18.30	20.25	22.56

根据(12)式, 定出各季的最佳距离, 使得内插标准误差不超过观测标准误差, 列于表2。

表2的结果表明, 各个季节的最佳站间距离不完全一致, 因此在决定雨量站的间距时, 应选择各季节中最短的最佳距离, 由此得出江汉平原地区的雨量站间距离为30

表2 各季的最佳站间距离和相应的误差值

项目	冬	春	夏	秋
$\frac{3}{z} \sigma^2$	15.75	52.5	892.5	217.5
E	15.75	51.50	845.00	212.5
最佳距离(km)	35	30	30	35

km。WMO对降水站网有一个最低密度标准: 在气候温和的平原, 内陆及热带地区, 600—900km<sup>2</sup>设一个站, 相距约28—34km设一个站, 艰苦的地方, 900—3000km<sup>2</sup>设一个站, 相距约34—196km设一个站; 在上述地区的山区, 100—250km<sup>2</sup>设一个站, 相距约12—18km设一个站, 艰苦的地方, 250—2000km<sup>2</sup>设一个站, 相距约18—51km设一个站; 雨量不均匀的丘陵、小岛、25 km<sup>2</sup>设一个站, 相距约7km设一站; 干燥地区1500—1000km<sup>2</sup>设一个站, 相距约44—113km设一个站。因而, 根据江汉平原地区的地形和气候特征, 参照WMO不同地形给出的站间距离, 结合计算结果和分析, 江汉平原地区雨量站相隔约30km与WMO的标准相符。

当然, 站间距离的确定不是唯一的, 还要考虑到地形、地物、人员、财力、物资的配置等诸多因素。一般来说, 内插精度会随站间距离缩短(伸长)而提高(降低)。但为了提高内插精度, 而随意缩小站间距离, 其意义不大。

### 参考文献

- [1] Gandin, L. S., The planning of meteorological station networks, Tec. note, 111, WMO, 1970.
- [2] Mooley, D. A., Mohamed Ismail, P. M., Structure functions of rainfall field and their application to network design in the tropics. Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B. 30, 95—105, 1982.
- [3] 何素兰、崔伟强, 地面气温、湿度场内插标准误差的分布特征——气象观测站网最佳密度的研究, 气象, 第11卷, 4期, 1985.

## The designing of rainfall network

Cui Weiqiang

(Beijing Meteorological Centre)

### Abstract

The statistical analyses of daily precipitation data in Jiangnan Plain from 1961 to 1985 show that the optimum distance between precipitation stations is 30km in this area.