

西江流域致洪暴雨的相似预报*

何华庆, 黄天文, 刘 谦
(广东省肇庆市气象局, 广东 肇庆 526040)

摘 要: 分析和探讨了1966~1995年6~9月西江流域16个暴雨洪涝个例, 总结出相似的天气形势. 选取地面、850 hPa、500 hPa层的17个气象要素来表征三维空间的相似. 计算相似系数时, 分别对高度场、温度场、湿度场、极值位置和风场进行计算, 在满足规定的阈值时, 以加权综合评定的方式计算总相似系数, 加以判别, 作出预报.

关键词: 暴雨洪涝; 相似; 判别; 预报

中图分类号: P456.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2001) 04-0111-04

西江是珠江流域的主要水系, 主源出自云南省东部沾益县, 流经贵州、广西、广东入注南海, 流域面积达353 120 km². 该流域处于亚热带季风气候区, 雨量丰沛, 年平均雨量达1 400 mm, 年降雨量的80%集中在汛期(4~9月), 而6~8月为汛期之最. 西江流域的暴雨洪涝灾害对西江沿岸的城乡影响极大. 如1994年6月的连续性暴雨特大洪涝, 两广120多个县市受灾, 受灾农作物148多万hm², 受灾人口2 500多万, 死伤5 000余人, 直接经济损失达500多亿元^[1].

西江流域是暴雨洪涝多发地区之一, 洪涝多是由大范围连续性暴雨所致. 本文给出了这种致洪暴雨的一种相似预报方法.

1 多维多元相似预报方法的基本原理

众所周知, 暴雨是一种小概率事件. 相似预报是一种非线性预报, 可以考虑某些极值的出现. 用通常的概率统计方法如回归、判别分析, 由于受到协方差矩阵的影响, 预报值往往偏向均值, 极值不易报出. 相似预报因为参照的是历史出现的逐个样品, 我们就可以考虑那些相似个例的极值状态在将来出现的可能性.

由于表征大气状态的物理量有温度、气压、湿度等, 即

$$X = (X_1, X_2, X_3 \cdots X_m);$$

因此寻找两个状态的相似, 必然是多个变量之间

的相似.

当取多个变量时, 若仅寻找现在时刻与历史上某一时刻的相似, 即

$$X_i \sim X_j [X = (X_1, X_2 \cdots X_m)^T]$$

这为两个向量之间的相似.

当然大气状态的演变可用 n 维空间中的一个点的移动所构成的轨迹来表示, 因此相似预报问题就归结为已知相似空间中的最新点位置及其先前的一段轨迹. 我们就可能根据已知的过去的全部轨迹成功地报出它的未来位置.

1.1 天气形势的相似

对1966~1995年6~9月西江流域16个暴雨洪涝个例进行了普查分析, 总结出相似的天气形势. 只有在大体相近的天气形势下, 才可能出现相似的天气. 实际上, 西江流域大范围连续性暴雨的天气形势极为相似, 天气类型主要为锋面低槽型和热带气旋辐合带型, 与文献[2]一致.

1.1.1 锋面低槽型

在500 hPa图上, 在乌拉尔山脉和贝加尔湖附近各有一高压脊, 往往有高压中心配合; 两脊间为一低槽区, 其槽线底部南伸过40°N; 在贝加尔湖东侧有一低槽, 槽线在135°E以西, 槽底南伸至35°N以南; 在孟加拉湾或高原东侧和华东以东各有一槽区; 副热带高压外围588线位于海南、广东沿海一线.

在850 hPa图上, 24°~28°N、110°~115°E区域内, 有倒槽或闭合低压、切变线, 在切变线以南或华南地区存在一支西南或偏南风低空急流;

* 基金项目: 广东省“九五”科技攻关资助项目(暴雨与大尺度环境相互作用关系)

收稿日期: 2001-01-04; 作者简介: 何华庆(1950-), 男, 高级工程师.

地面天气图上, 华南地区有一较宽广倒槽, 槽内有一静止锋, 可在 $24^{\circ} \sim 28^{\circ} \text{N}$ 间来回摆动。

1.1.2 热带气旋辐合带型

热带气旋登陆北上至西江流域上游地区, 而热带辐合带也随之北上。

1.2 三维空间的相似

选取大气中某一点或某一层的气象要素找相似并不能代表整层大气状态的相似。致洪暴雨的产生是个复杂的天气过程, 只在某一层上选取要素来描述致洪暴雨天气过程, 是不足取的。所以本文的工作选取地面、850 和 500 hPa 层的气象要素来表征三维空间的相似。

1.3 多元变量的相似

如果仅凭一个时刻的观测值去历史记录中找相似, 即两个数值之间的相似, 其可靠性甚差。即只选择某观测时刻的单一气象要素来表征某一致洪暴雨天气过程是令人难以置信的。因此要尽可能准确描述两种大气状态或者两个致洪暴雨天气过程的相似, 就应是多个气象要素之间的相似。我们选取的相似要素有气压(高度)、温度、露点、风向风速。

1.4 相似区域与预报时效适应

相似区域大, 难以找相似; 相似区域太小, 预报效果差。因此相似区域的大小应视预报范围的大小而定。而预报时效本文是取暴雨前 24 h 资料作为历史样本资料。

2 洪水标准

以梧州西江水位为标准。25.0 m 以上为特大洪水; 23.0 ~ 24.99 m 为大洪水; 20 ~ 22.99 m 为一般洪水偏高; 18 ~ 19.99 m 为一般洪水偏低。

3 资料选取

选取 1966 ~ 1995 年 6 ~ 9 月间的 16 次洪水过程。其中, 特大洪水 1 次, 1994 年 6 月 8 ~ 18 日; 大洪水 6 次, 1966 年 6 月 28 日 ~ 7 月 4 日、1968 年 6 月 19 ~ 29 日、1974 年 7 月 16 ~ 26 日、1976 年 7 月 4 ~ 13 日、1988 年 8 月 22 日 ~ 9 月 4 日、1994 年 7 月 14 ~ 23 日; 一般洪水偏高 6 次, 1970 年 7 月 9 ~ 16 日、1983 年 6 月 15 ~ 24 日、1978 年 5 月 13 ~ 22 日、1979 年 8 月 16 ~ 25 日、1992 年 7 月 2 ~ 6 日、1993 年 7 月 2 ~ 10 日; 一般洪水偏低 3 次, 1980 年 8 月 9 ~ 15 日、1986 年 7 月 2 ~ 8 日、1995 年 6 月 3 ~ 13 日。

16 次洪水中, 14 次为锋面低槽型, 仅 2 次是热带气旋辐合带型。无论是锋面低槽型还是热带气旋辐合带型, 大范围连续性暴雨都是出现在多种尺度系统发生明显相互作用情况下的。其形成的物理条件是一致的, 加之本文资料选取范围已足够大, 所以不管哪一种天气类型, 选取的相似要素都一样。即只要大体与二个型的天气形势相似, 就可以进行相似判别。16 次洪水共有 140 d, 将每一天作为一个致洪暴雨个例日, 每个个例日包括 16 个探空站的地面、850 和 500 hPa 三层压、温、湿、风向风速资料, 作为历史资料库, 相似区域大体在 $20^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{N}$ 、 $105^{\circ} \sim 115^{\circ} \text{E}$ 范围内的 16 个点(如图 1)。

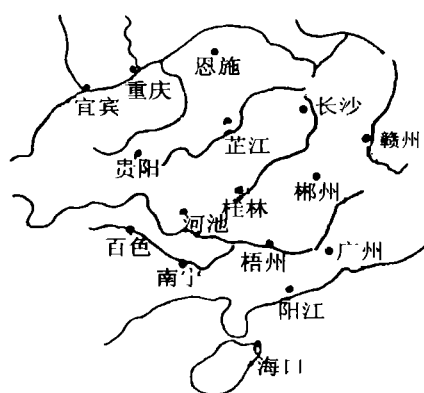


图1 资料选取站点和极值位置的分区图

Fig.1 Data range, max and min value position

4 相似要素的选择

我们根据天气学意义、物理意义来选取气象相似要素。选择相似要素的标准是最能反映产生暴雨特征的要素。把每个暴雨个例的相似要素总结成为一条综合暴雨指标, 又作为选择相似的指标。我们在建立历史样本中, 不但考虑了暴雨的共性, 也考虑了暴雨的个性, 即华南暴雨的特点, 结合我们在暴雨预报中的经验和暴雨专家知识, 尝试用表 1 中气象要素作为预报暴雨的综合指标或相似预报指标。

5 相似标准

怎样的两个样本算作相似, 取决于相似标准的选取。标准严了, 选不出相似个例, 标准松了, 不相似的个例也会选中。由表 1 可见, 相似判别要素分 2 种: 数值和站号。数值代表了整层

表1 相似要素选取
Tab.1 Similar factors choice

序号	相似要素	选取站数
1	地面气压场极大值 $P_{\max}$	16
2	地面气压场极小值 $P_{\min}$	16
3	地面气压场极大值 $P_{\max}$ 的位置(站号)	16
4	地面气压场极小值 $P_{\min}$ 的位置(站号)	16
5	地面湿度场 $T - T_d \leq 1.5$ 的站号	10
6	850 hPa 高度场极值差 $\Delta H_{\max - \min}$	16
7	850 hPa 高度场极小值 $H_{\min}$ 位置(站号)	16
8	850 hPa 温度场极值差 $\Delta H_{\max - \min}$	16
9	850 hPa 湿度场 $T - T_d \leq 2.0$ 的站号	10
10	500 hPa 高度场极大值 $H_{\max}$	16
11	500 hPa 高度场极小值 $H_{\min}$	16
12	500 hPa 温度场极大值 $T_{\max}$	16
13	500 hPa 温度场极小值 $T_{\min}$	16
14	500 hPa 湿度场 $T - T_d \leq 2.0$ 的站号	10
15	850 hPa 东南到西南风向站数	10
16	850 hPa 西北到东北风向站数	6
17	850 hPa 东南到西南风速站数	10

大气高度(气压)场、温度场和风场的特征,而湿度场、极值位置是通过站号来描述的。

计算相似系数时,分别对高度场、温度场、湿度场、极值位置和风场进行计算,在满足规定的阈值时,以加权综合评定的方式计算总相似系数,加以判别。

对相似判据的数值采取对应得分法。首先计算对应的差值(绝对值),然后按照差值的大小对应得分(如表2)并相加,得到高度(气压)场、温度场的相似系数 CF_1 :

$$CF_1 = \sum_{i=1}^m P_i$$

式中, $m=8$, 故 $CF_1 \leq 120$ 。计算140个个例日的 CF_1 值,对照实况规定 CF_1 的阈值为40,当 $CF_1 \geq 40$ 则考虑下面的相似。

表2 相似判据的得分值

Tab.2 Scores of similar criteria

分数	15	13	8	0	-15
差值	0	1	2	3	≥ 4

湿度场是通过满足 $T - T_d \leq 2.0$ 的站号来描述的。考虑到主要是预报区域附近整层湿度场的相似,因此去掉了重庆、宜宾、芷江、恩施、长沙、赣州6个站,只采用10个站来找相似。对

湿度场分别计算每层对应的站号,统计相同站号数 N 和不相同站号数 n , 得到湿度场相似系数 CF_2 :

$$CF_2 = \frac{N_2}{N_2 + n_2} (0 \leq CF_2 \leq 1)$$

这里规定 CF_2 的阈值为0.4, 当 $CF_2 \geq 0.4$ 时,则计算下面的相似。

对极值位置采取分区相似法,即将相似区域(16个站)分为4个,称为桂西北、桂东北、桂西南和桂东南(如图1)。当站号相同时对应得分为15,站号不同却在同一区时得10分,否则为0。计算极值位置相似系数 CF_3 :

$$CF_3 = \sum_{i=1}^m P_i$$

式中, $m=3$, $0 \leq 45$ 。规定 CF_3 的阈值为15, 当 $CF_3 \geq 15$ 时,则计算下面的相似。

对850 hPa 风场也采取分区相似法。即将相似区域16个站分成2个区,北区有重庆、宜宾、恩施、芷江、长沙、贵阳6个站;其余10个站点为南区(图1)。

对北区统计 $300^\circ \sim 75^\circ$ 范围(按顺时针,下同)风向的站数 N_4 和不在此范围风向的站数 n_4 。计算风向相似系数 CF_4 :

$$CF_4 = \frac{N_4}{N_4 + n_4} (0 \leq CF_4 \leq 1)$$

这里规定阈值为0.15, 当 $CF_4 \geq 0.15$ 时,计算南区风向相似系数。

对南区统计 $145^\circ \sim 250^\circ$ 范围风向站数 N_5 和不在此范围风向站数 n_5 , 计算该片风向相似系数 CF_5 :

$$CF_5 = \frac{N_5}{N_5 + n_5} (0 \leq CF_5 \leq 1)$$

这里规定阈值为0.5, 当 $CF_5 \geq 0.5$ 时,计算南区风速相似系数 (CF_6)。对南区计算风向在 $145^\circ \sim 250^\circ$ 范围的偏南风速相似系数,是考虑偏南风低空急流对暴雨的重大贡献。统计风速 ≥ 4 m/s 的站数 N_6 和风速 < 4 m/s 的站数 n_6 , 计算南区 CF_6 :

$$CF_6 = \frac{N_6}{N_6 + n_6} (0 \leq CF_6 \leq 1)$$

这里规定阈值为0.5, 当 $CF_6 \geq 0.5$ 时,则计算总相似系数。

当 $CF_1 \geq 40$ 、 $CF_2 \geq 0.4$ 、 $CF_3 \geq 15$ 、 $CF_4 \geq 0.15$ 、 $CF_5 \geq 0.5$ 、 $CF_6 \geq 0.5$ 时,计算总相似系

数 CF :

$$CF = (0.14CF_1 + 16.6CF_2 + 0.37CF_3 + 16.6CF_4 + 16.6CF_5 + 16.6CF_6)/100, \\ 0 \leq CF \leq 1$$

将 140 个个例日的 CF 值与实况对照统计后, 规定 $CF \geq 0.6$ 为起报条件, 找出相似个例。若相似个例多于 5 个, 则取总相似系数 CF 最大的 5 个; 3~5 个相似个例的, 则取最大的 3 个相似个例作为预报值; 2 个相似个例的, 取总相似系数最大的 1 个, 相等的求平均值, 相似个例 1 个的, 其本身即为预报值。相似个例可显示或打印出来, 降水预报值打印在地图上。符合洪水标准的个例, 将存入历史资料库中, 以增加样本。

6 实例

1998 年 6 月 15 日 - 27 日西江流域发生特大洪水。6 月 28 日 11 时西江梧州洪峰水位达 26.51 m, 比 1994 年高出 0.60 m; 6 月 27 日 0 时西江高要洪峰水位 13.32 m, 仅次于 1994 年。

实际上, 6 月 11 日 08 时, 在乌拉尔山脉西

侧已有明显阻高出现, 闭合中心为 587 位势什米。在贝加尔湖有一高压脊向东北伸展, 在两高之间为低槽区, 在贝加尔湖高压脊东侧为一闭合低压。14 日乌拉尔高压中心已达 590 位势什米, 其东侧槽底伸过 40°N。与之相配合, 14 日 08 时 850 hPa 在 24°N ~ 28°N 有一切变, 地面上有锋面低槽。这是典型的西江流域持续性暴雨天气形势。在 1998 年 6 月 15 - 27 日, 我们用本方法试报(含贵州、两广共 86 个站), 预报结果与实况对比值见表 3。由表可见, 对于大范围连续性暴雨而言, 这些预报值是很有参考价值的。

参考文献:

- [1] 梁必骥, 梁经萍, 梁暖培, 等. 1994 年和 1995 年两次特大暴雨洪涝的对比分析[A]. 1994 年华南特大暴雨洪涝学术研讨会论文集[D]. 北京: 气象出版社, 1996. 252 - 260.
- [2] 何进球. 造成西江大洪水天气的一般规律及特大洪水的主要特征[A]. 1994 年华南特大暴雨洪涝学术研讨会论文集[D]. 北京: 气象出版社, 1996. 202 - 204.

表 3 预报与实况对比

Tab.3 Comparison of forecast and live condition

日期	预 报					实 况				
	大暴雨站	暴雨站	大雨站	中雨站	小雨站	大暴雨站	暴雨站	大雨站	中雨站	小雨站
19980615		1	3	3	79	5	16	21	17	27
19980616		5	13	34	34	1	6	7	30	42
19980619		9	23	35	19	1	12	24	23	26
19980621		4	13	43	26		5	14	17	50
19980622		16	35	25	10	10	18	12	18	28
19980623	1	10	38	27	10	1	18	27	20	20
19980624	1	29	37	12	7	1	15	25	15	30
19980625		1	17	26	42		6	22	25	33
19980626		6	21	32	27		2	8	16	60
19980627				6	80		3	10	20	53

Similar Forecast of the Torrential Rain Resulting in Flood in Xijiang River Region

HE Hua-qing, HUANG Tian-wen, LIU Qian

(Zhaoqing Meteorological Bureau of Guangdong Province, Zhaoqing 526040, Guangdong, China)

Abstract: In this paper, 16 torrential rain and flood processes from June to September (1966 - 1995) were analyzed and similar weather situations were summarized. Seventeen meteorological factors of ground, 850 hPa and 500 hPa layers were chosen to show the similarities of 3D space. By calculating altitude, temperature, humidity, maximum and minimum numeral value and wind which conform to the stipulated condition, the total similar coefficients are obtained and by judging them the forecast is given.

Keywords: torrential rain and flood; similarity; judge; forecast