

4-9月西江洪水过程水汽汇 与江水流量的关系*

简茂球 罗会邦 温之平

(中山大学大气科学系, 广州510275)

摘要 分析了1980~1986年4~9月西江流域洪水过程的大气水汽汇特征及其与西江高要站水流量的关系。结果表明,洪水过程的前期大气一般连续存在较强水汽汇,时间为7~10多天,洪水的发生是各子流域强水汽汇连续产生的径流的积累所致;用水汽汇能较好地估算和预报高要站洪水期的水流量,为洪水的预报提供一条新思路。

关键词 西江,洪水过程,水汽汇,江水流量

分类号 P 338

西江水系是珠江流域中最大的一个水系,在华南雨季经常会发生洪水过程。洪水的暴发,导致江河水位的上涨,直接威胁着江河流域两岸人民生命财产的安全,对珠江三角洲流域的河流水位有着直接的影响。如1997年6、7月份华南发生的特大洪涝就是其中一例,不仅在西、北江流域造成巨大灾害,同时也对下游的三角洲地区构成严重的威胁。因此,防洪的一个重要环节就是要对洪水流量(水位)作出准确的预报。

目前,用于水文预报的方法很多,但归纳起来,所用的预报因子主要是江河流域的降水量和蒸发量(尚不能直接测得),或江河上游各支流的流量。虽然用上述因子在一些江河作水文预报也取得较好的效果^[1],但也存在明显的弱点。例如在洪水期,尤其是洪水暴发时,局部地区的通讯往往被迫中断,观测资料有时不能按时收集,因而影响下游的洪水水位预报。基于上述原因,简茂球等^[2]曾探讨用另一种因子——大气水汽汇,来估算北江洪水流量(水位)的可能性,发现这是一种较方便、值得进一步探讨的方法。水汽汇由常规气象观测得到的各标准等压面的风场、温度及露点等要素值很方便就可以倒算出来,而这些要素的观测与收集很少受洪水的影响而被耽误,比洪涝区的降水量等数据的观测与收集的准时性要可靠得多。本文将重点分析4~9月(夏半年)西江洪水期水汽汇的特征及其与高要站水流量的关系。

1 资料及方法

本文用ECMWF 1980~1986年分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 的逐日12GMT各标准等压面的温

* 广东省自然科学基金(940622)资助项目

收稿日期:1997-04-01 简茂球,男,32岁,讲师

度、湿度、位势高度及风场资料求各层水汽汇 Q_2 及整层积分值 $\langle Q_2 \rangle$ 。大尺度水汽汇可由文献 [3] 中的公式计算:

$$Q_2 = -L(\partial q / \partial t + \mathbf{V} \cdot \nabla q + k \partial q / \partial p) \quad (1)$$

其中, q 为比湿, k 为 p 坐标的垂直速度, \mathbf{V} 水平风矢量. 而 Q_2 又可表示为

$$Q_2 = L(c - e) + L \overline{\partial q / \partial p} \quad (2)$$

其中, c 为凝结率, e 为蒸发率. 由 (2) 式可得整层积分值

$$\langle Q_2 \rangle^* = \frac{1}{g} \int_{100}^{p_s} Q_2 dp \approx L(P - E) = \langle Q_2 \rangle L \quad (3)$$

其中, P 为降水量, E 为地表涡旋水汽通量, p_s 为地面气压, L 为凝结潜热系数. 由 (3) 式可知, 大气整层积分的水汽汇 $\langle Q_2 \rangle$ 反映了大气对下垫面的水汽净输送量.

在某一流域内, 降雨产生的径流的水量平衡方程可表示为

$$R = P - L - F - D - E \quad (4)$$

其中, R 为地面径流和地下径流量, P 为降水量, L 为植物截留的降水量 (在降雨停止后又蒸发掉), F 为土壤蓄水量的变化, D 为填洼损失的降水量, E 为蒸发量.

令 $DR = L + F + D$, 结合 (3) 式可把 (5) 式变为

$$R = \langle Q_2 \rangle - DR = \sum \langle Q_2 \rangle_j S_j - DR \quad (5)$$

其中, DR 称为水耗量, $\langle Q_2 \rangle_j S_j$ 分别为第 j 个面积元的水汽汇及面积. 对于西江这样的多支流水系, 因其流域面积大, 支流流距长, 不同的支流或子流域从径流的产生到对西江下游高要站的水流量 (水位) 发生影响的时间间隔显然是不一样的. 为此, 作者分析了各支流 26 个水文站的水流量曲线的位相差 (表略), 从而得到水流时间的位相图 (图 1), 图中 1~9 分别

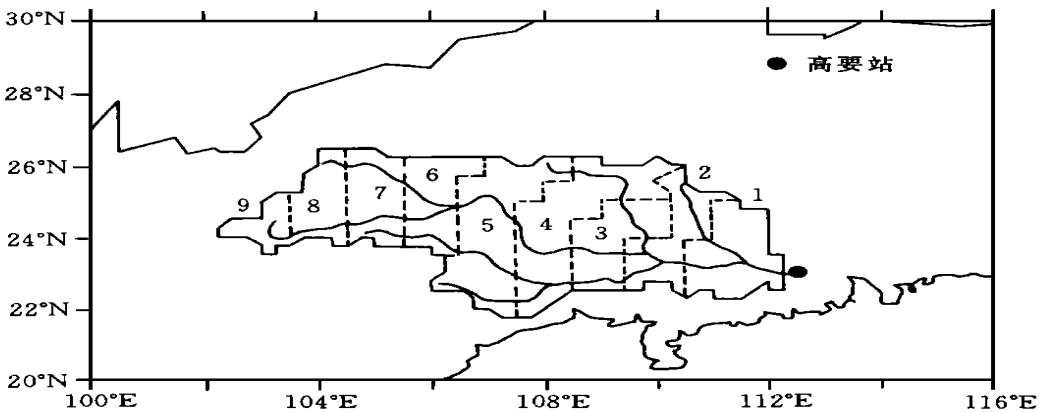


图 1 西江水系及水流时间位相

Fig. 1 Xijiang River system and time phase of river discharge

表示该地段的径流到达高要站所需时间 (d). 根据 (5) 式, 结合水流位相, 第 t 天高要站的水流量 \bar{R}_t 可表示为

$$\bar{R}_t = \sum_{i=1}^9 R_{i,t-i} = \sum_{i=1}^9 \left[\left(\sum \langle Q_2 \rangle_j S_j \right)_{i,t-i} - DR_{i,t-i} \right] \quad (6)$$

其中, $R_{i,t-i}$ 表示位相图中第 i 个区域, 第 $(t-i)$ d (或相对高要站 i d 前) 的径流量. 令 $\overline{DR}_t =$

$\sum_{i=1}^9 DR_{i,t-i}$, 则 (6) 式变为

$$\bar{R}_t = \sum_{i=1}^9 \left(\sum \langle Q_2 \rangle_j S_j \right)_{i,t-i} - \overline{DR} \quad (7)$$

$\langle Q_2 \rangle_j, S_j$ 都是已知的, 只要能估算出水耗量, 则高要的水流量便可算出.

2 结果分析

2.1 洪水过程大气水汽汇特征

本文分析的 4~9 月洪水过程是根据西江高要水文站测量的日平均流量来选取的. 高要站的警戒水位是 9 m, 对应的日平均流量大约为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$, 根据这一标准, 日平均流量达到或超过该值的, 广义地称为洪水过程. 图 2 给出了 1982 年夏半年西江流域的水汽汇经度-时间剖面图及对应的日均水流量曲线. 可以看到, 该年高要经历了 3 次洪水过程 (图 2b), 分别在 5 月中旬、6 月下旬及 8 月下旬; 而在相应时间之前的一段时间里, 西江流域都存在范围较大 (尤其是中下游), 持续时间较长 (7~10 多 d) 的较强水汽汇, 这说明大范围持续存在的强水汽汇是洪水发生的重要条件. 从图 2 还看出, 虽然在 4 月初和 9 月中、下旬都有较强的水汽汇存在, 但这些月份的土壤含水量低, 所以相对被土壤吸收和填注等水耗量较大, 产流量就相对小. 类似的情形在其它年份也可发现 (图略), 这与作者讨论北江的情况也是类似的^[2].

2.2 水汽汇与江水流量的关系

从 (7) 式可知, 如能知道水耗量 \overline{DR} , 由水汽汇就可以估计水流量. \overline{DR} 包括了土壤的吸水量、填注量及植物的截留量, 一般说来, 后两项比土壤吸收量小得多, 所以 \overline{DR} 主要取决于流域土壤含水量的多寡. 由于流域土壤含水量数据不易获得, 我们将通过另一种方法来估算, 利用 1980~1982 年 4~9 月共 183 d 的水汽汇及水流量由 (7) 式倒算 \overline{DR} , 然后分 4、5、9 月和 6~8 月两段分别统计各水流量等级 (每隔 $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ 为一级) 对应的 \overline{DR} 平均值, 其中水汽汇求和的小面积元按 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 的经纬度网格划分, 估算的总面积为 315781.2 km^2 , 为高要站的实际积水面积 (351535.2 km^2) 的 90%.

分段算得的平均水耗量 \overline{DR} (图 3a), 6~8 月的水耗总体上要比其他月份的水耗小. 另外, 从图上还发现, 水耗量是随着水流量的增加而减少的. 这实际说明水流量的增大是因为降水过程不断使土壤含水量增大, 则土壤吸水少, 因而产流量增加, 但在曲线中当水流

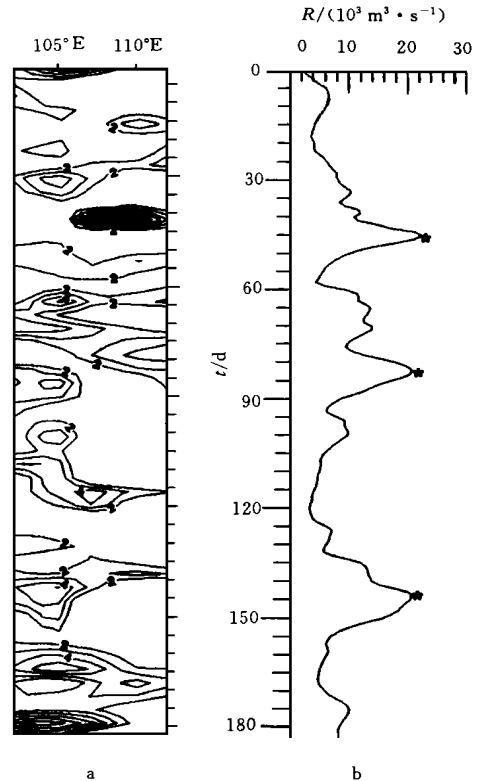


图 2 1982 年 4~9 月逐日水汽汇经度-时间剖面 (a) 和西江高要日平均水流量 (b)

Fig. 2 Longitude-time section of the moisture sink (a) and discharge at Gaoyao (b) from Apr. to Sept., 1982

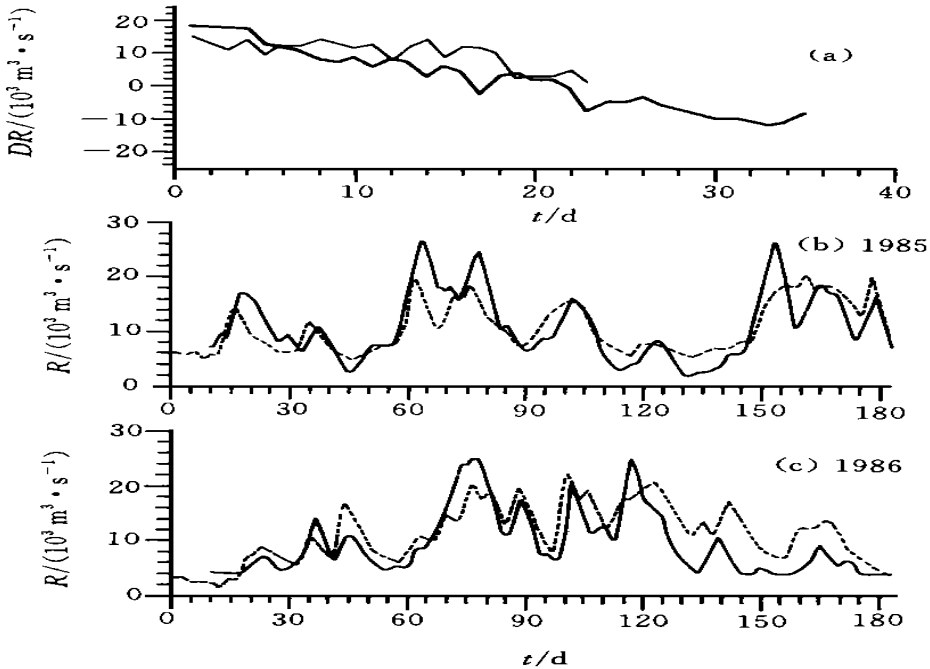


图 3 水耗函数曲线 (a) 和 1985 年 (b)、1986 年 (c) 4~9 月高要站
水流量 24h 预报值 (实线) 及实测值 (虚线)

Fig. 3 The $DR-R$ function (a) and curves of predicted (solid) and observed (dash) discharge in 24 hours in 1985 (b) and 1986 (c)

量大于 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$ 时, \overline{DR} 是负值, 从理论上讲是不合理的, 由于我们计算水汽汇采用的网格距较大, 对一些中小尺度的天气系统反映不出, 而实测的水流量却包括所有尺度的降水, 所以水耗量会出现负值. 这个问题的解决一方面可通过网格距的缩小; 另一方面有待气象高空观测站的加密. 但就本文的分析而言, 负值的出现可以认为是对中小尺度降水的订正.

根据求得的 5 a 平均分段水耗函数曲线, 作者拟合了 1980~1984 年夏半年高要站日均水流量 (根据前 1 d 的高要水流量来选取水耗量), 其中估算值用下列公式:

$$\langle \overline{R}_t \rangle = \left[\overline{R}_{t-4} + 2\overline{R}_{t-3} + 3\overline{R}_{t-2} + 4\overline{R}_{t-1} + 5\overline{R}_t \right] / 15 \quad (8)$$

进行了点平滑, t 表示当天, 而 $(t-i)$ 则为前 i d. 对比估算曲线和实测曲线 (图略), 两者的变化趋势是相当一致的, 位相配合较好; 1980、1982 年整个夏半年拟合都相当好, 而 1981、1984 年 5~6 月则稍差些; 尽管如此, 对 5 a 中共 9 次洪水过程的拟合都不错.

利用上述统计的水耗函数, 对 1985 和 1986 年作 24 h 预报检验, 结果如图 3 所示. 和实测值比较, 虽然预报峰值稍偏大, 但水流量的变化趋势是非常一致的.

3 结 论

从上面的分析可以得到以下几点初步结论:

(1) 4~9 月西江流域洪水过程前期大气一般都维持着较强的水汽汇, 时间尺度约 7~10 多 d. 西江下游的洪水是由一定时间内该流域的水汽汇 (径流) 的积累过程造成的.

(2) 流域的水耗总量和下游的河水日平均流量的变化有反相关系。

(3) 用水汽汇可以较好地估算和预报高要的洪水流量, 为预测洪水流量变化趋势提供了可能性。

要想对洪水流量作出准确的预报, 还要对水汽汇与河水流量的关系作更多、更深入的研究, 其中包括对更长历史资料的分析, 提高所算水汽汇场的时空分辨率, 以及决定水耗量更好的方法等, 这些工作都有待今后进一步去探讨。

参 考 文 献

- 1 吴超羽, 张文. 用人工神经网络系统作水文预报. 中山大学学报 (自然科学版), 1994, 33 (1): 81~ 90
- 2 简茂球, 罗会邦. 前汛期北江洪水过程水汽汇与河水流量的关系. 热带地理, 1996, 16 (2): 130 ~ 135
- 3 Luo H, Yanai M. The large-scale circulation and heat sources over the Tibetan Plateau and surrounding areas during the early summer of 1979. Part II: Heat and moisture budgets. Mon Wea Rev, 1984, 112: 966~ 989

Relationships Between the Moisture Sink over Xijiang River Area and the Flood Discharge in the Down-Reaches in Flood Season

Jian Maoqiu* Luo Huibang Wen Zhiping

Abstract The characteristics of moisture sinks in the atmosphere over Xijiang River area and their relationships with the flood discharges are analyzed for the flood periods from April to September in five years from 1980 to 1986. The results show that there exist pronounced moisture sinks in the atmosphere for about one week or more than ten days prior to the arrival of flood peaks at Gaoyao station; the accumulation and convergence of runoff due to the strong moisture sinks could lead to flooding. The flood discharge at Gaoyao could be evaluated and predicted with the moisture sink. The results provide a new potential method to the flood forecast.

Keywords Xijiang River, flood season, moisture sink, flood discharge

* Department of Atmospheric Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275