

文章编号:1001-4179(2015)S1-0024-03

滇东北岩溶地区产汇流分析

代兴兰¹, 孔维斌²

(1. 云南省水文水资源局 曲靖分局, 云南 曲靖 655000; 2. 云南省水文水资源局 昭通分局, 云南 昭通 657000)

摘要:为了分析岩溶地区产汇流规律,选取滇东北地区代表性较好的水文站,根据蓄满产流机制,利用降雨径流关系较好的场次洪水,分析了次洪水径流深度、前期影响雨量、雨末包气带蓄水量以及稳定下渗率等径流要素,并建立了降雨径流关系。实测资料对比分析结果表明,蓄满产流机制适宜于分析滇东北岩溶地区中小河流流域产汇流,研究结果可以用于无降雨资料地区中小河流的产汇流分析。

关键词:产汇流分析;蓄满产流;推理过程线;岩溶地区;滇东北

中图法分类号:TV121 文献标志码:A DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.S1.008

1 基本情况

云南省昭通市全部属于岩溶山区,而且全部属于云南省水文分区三级区中的 1 区(以下简称“分析区”),即横江流域及长上干区,该区包括昭通市绝大部分,曲靖市的会泽县和昆明市的东川区部分,总面积 29 169 km²。区内河流全部属于长江流域,主要代表站有新华、洛甸河、小海子、渔洞和箐口塘等站,具体位置见图 1。

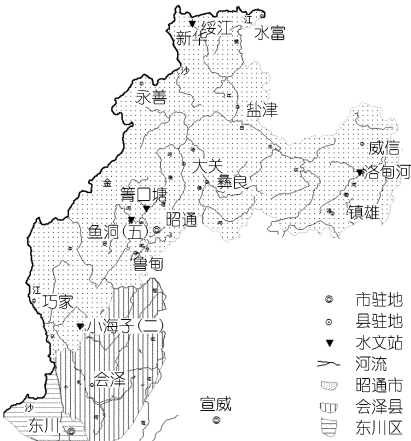


图 1 分析区水文站点分布

分析区呈狭长形,西部边缘为金沙江干流,其余河流有小江、牛栏江、横江、洛甸河等,区内有毛家村、渔

洞 2 座大型水库和跃进、永丰等 8 座中型水库,水利化程度一般。区域气候为亚热带、暖温带共存的高原季风立体气候,多年平均气温 12.6 ℃,多年平均降水量 1 016.3 mm,多年平均径流深 514.3 mm。

2 资料选用

2.1 代表站选取

根据区域实际情况,代表站应选取资料系列较长、受人类活动影响较小、观测项目齐全、集水面积小于 3 000 km² 的中小河流水文站。经资料分析最终选取小海子、新华等 5 站为代表站。

2.2 资料选用

在各代表站的实测资料中,选取有同步观测资料的 40~50 场洪水,尽量选取单峰并可代表控制大洪水、较大洪水以及初汛期、主汛期、后汛期的洪水过程,同时,收集对应场次洪水的暴雨、蒸发资料。

3 产流分析

产流过程一般可概化为蓄满产流和超渗产流两大类。分析区属于半湿润山区,植被良好、雨量充沛,因此可采用蓄满产流分析法,其基本原理是降雨使包气带含水量达到田间持水量之前不产流,降雨全部用以补充包气带土层的缺水量;包气带土层含水量达田

间持水量(蓄满)后,产流开始,之后的降雨(除去雨期蒸发)全部为净雨。流域上只有包气带土层蓄满的地方才产流,故产流期的下渗率 f_c 为恒定值,其中下渗至潜水层的部分成为地下径流,超渗的部分成为地面径流^[1-3]。

产流计算公式为

$$P - E - R = W_2 - W_1 \tag{1}$$

式中, P 为时段降雨量; E 为时段蒸散发量; R 为时段径流量,在蓄满前为0; W_1 、 W_2 为时段始末的土壤含水量,蓄满后 $W_2 = W_m$ (即田间持水量)。

3.1 降雨径流要素确定

3.1.1 次洪径流深计算

用场次暴雨洪水资料计算次洪水总量 $P_{总}$ 、 $R_{总}$,采用退水曲线法确定地表径流 R_s 和地下径流 R_g ,代表站地表径流和地下径流分割示意图2。

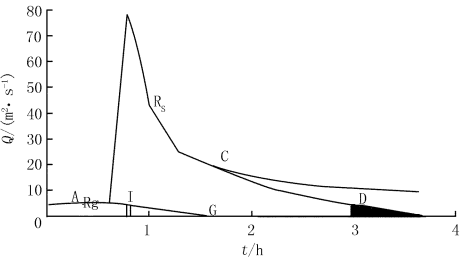


图2 代表站 R_s 、 R_g 分割示意

(1) 建立退水方案。在洪水资料中,分别选取峰后无雨或洪水过程为单峰的退水段,用统一的比例尺绘制退水曲线,使其尾端相切,然后绘制外包线作为标准退水曲线。

(2) 分割连续洪水。标准退水曲线分割的关键是确定拐点(分割点),如图2中的C点,该点以后退水曲线下部、基流分割点D以上的洪水即为对应场次的洪水。

(3) 计算次洪径流深。依据分割点间及洪水过程线所包围的面积计算次洪水的径流深,计算公式为

$$R = \frac{3.6}{F} \left[\frac{1}{2} (Q_1 + Q_2) \Delta t_1 + \frac{1}{2} (Q_2 + Q_3) \Delta t_2 + \dots + \frac{1}{2} (Q_{n-1} + Q_n) \Delta t_{n-1} \right] = \frac{3.6}{F} \sum_{i=1}^n Q_i \Delta t_i \tag{2}$$

3.1.2 前期影响雨量 P_a 的确定

在资料系列中选取前期比较湿润且为单峰的洪水及对应的降雨、蒸发资料,采用蓄满产流法分析。降雨开始时流域湿润程度对降雨产生的径流量影响极大,流域的干湿程度常用前期影响雨量 P_a 表示,经分析,各代表站 P_a 值介于72.0~83.5 mm之间,其中80 mm的具有绝对主导地位。

3.1.3 雨末包气带蓄水量 I_M 的确定

包气带蓄水量 I_M 为一个常数。从资料系列中选取前期较干旱,流域内普遍降雨较大,能全流域产流的洪水,据水量平衡方程计算 I_M 。经分析计算,分析区内 I_M 为100 mm。

3.1.4 降雨径流关系线的建立和精度评定

用次洪水的 $P + P_a$ 、 R 点绘 $P + P_a \sim R$ 关系图,见图3。

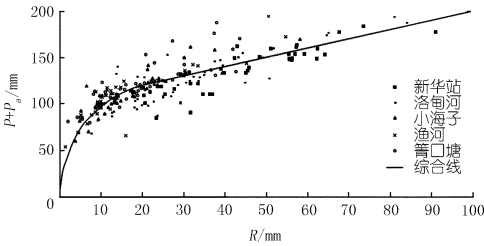


图3 各代表站 $(P + P_a) \sim R$ 关系

利用次降雨量查 $(P + P_a) \sim R$ 关系线推求径流深,并与实测资料比较,两者误差小于20%为合格,整体合格率达到80%以上可认为降雨径流关系线合格。

选取具有不同等级的前期雨量且暴雨量不同的场次洪水(38~50场)分析降雨径流关系,关系线合格率为75.6%,总体基本合格。

3.2 稳定下渗率 f_c 的确定

由实测径流过程线分割可求得地面径流 R_s 和稳定下渗形成的地下径流 R_g ,根据水量平衡原理,由实测的 P 、 R_s 和 R_g 通过试算可求得, f_c 计算公式为

$$f_c = \frac{\sum_{i=1}^m (R_i - R_s)}{\sum_{i=1}^m \frac{R_i}{(P_i - E_i)} \Delta t_i} \tag{3}$$

时段净雨深 R_i 的计算式为

$$R_i = (P_i - E_i) \frac{F_{R_i}}{F} \tag{4}$$

选取降水径流关系较好的次洪水计算 f_c ,由于流域降雨极不均匀,降雨发生时间不一致,分析区各场洪水的 f_c 变化较大,各站 f_c 介于0.23~5.55 mm/h之间,其中渔洞站最小,为0.23~1.93 mm/h,箐口塘站较大,为0.49~5.55 mm/h。

各次洪水的 $R_c/t_c \sim f_c$ 的关系如图4所示,由图4可见, R_c/t_c 与 f_c 关系线拟合较好,曲线精度合格率为87.0%。

4 汇流分析

汇流分析通常有推理型和经验型两大类方法,本

文采用物理概念明确,计算较简单,便于参数地理综合的推理过程线法分析汇流。具体方法是基于山区洪水陡涨陡落概化成三角形汇流曲线,在常数 N_c 为 0.67 时优选稳定的汇流参数 m 。

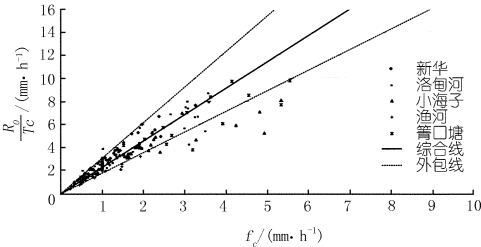


图 4 各代表站次洪水 $R_c/T_c \sim f_c$ 关系

4.1 汇流参数 m 确定

m 值在汇流分析模型中反映流域下垫面的阻力特性。假定初试值 m , 结合地表净雨过程 $R_{上t} \sim t$, 采用公式 $Q_m = 0.6 \frac{F^{1.2}}{(L/J^{1/3})^{0.8}} m^{0.8} \frac{R_{上}^{1.2}}{t_c^{0.4}}$ 计算 Q_m 。经与实测值对比检验,计算误差小于 5% 所对应的初试值即为所求,否则重新计算,直至满足误差要求为止。

4.2 单站汇流参数综合

汇流参数 m 的单站综合旨在选取有代表性的 m 值参与地理综合。

选取不同量级、不同时期的次洪水演算洪水过程,并点绘实测洪水模数与汇流参数的关系曲线,用曲线上查得的 m 值对各次洪水进行还原计算,与实测洪峰流量相比,误差小于 20% 为合格,否则重新拟合。本

次各站分析了 19 ~ 25 场洪水不等,还原计算合格率为 52.6% ~ 72.7%,单站稳定的汇流参数 m 为 1.4 ~ 6.3。

4.3 分析区汇流参数地理综合

分析汇流参数的地理变化规律并建立经验公式,可以供无水文资料的中小河流域水文分析时移用或参考。

依据各代表站合格的汇流参数,结合各站的面积、河长、坡降、形状系数等分析第一水文分区内汇流参数,获得点线拟合较好拟合关系线,合格率达 66.7%,据此,建立了分析区汇流参数公式 $m = 0.161 (L/J^{1/3})^{0.577}$ 。

5 结 语

选用分析区内各水文站降雨径流一致性较好的场次洪水进行产汇流分析,发现蓄满产流机制适用于滇东北岩溶地区中小河流,结合推理过程线法分析,得到分析区内雨末包气带蓄水量 I_m 为 100 mm,流域蓄水量 P_a 在 72.0 ~ 83.5 mm 之间,单站汇流参数在 1.4 ~ 6.3 之间,分区综合汇流参数 m 为 $0.161 (L/J^{1/3})^{0.577}$ 。

参考文献:

[1] 张泉生. 水文预报[M]. 南京:河海大学,1997.
[2] 芮孝芳. 产汇流理论[M]. 北京:水利水电出版社,1995.
[3] 伍立群,代兴兰. 河川基流分割法在云南省山丘区地下水资源量及可利用量评价中的运用[J]. 中国农村水利水电,2005,(1).

(编辑:常汉生)

