

泾洛渭河流域产汇流特性分析

黄国如 ,芮孝芳 ,石 朋

(河海大学水资源环境学院 ,江苏 南京 210098)

摘要 利用流域水文模型和经验相关方法较深入地分析了泾洛渭河流域的降雨径流特性 . 初步论证结果表明 : 对于渭河流域 , 尤其是渭河以南发源于秦岭北麓的诸河流流域 , 新安江模型是适用的 ; 对于泾河流域和北洛河流域 , 新安江模型基本上也是适用的 ; 产流面积的变化是影响泾洛渭河流域产汇流规律的重要因素 .

关键词 泾洛渭河流域 ; 产汇流特性 ; 新安江模型 ; 陕北模型 ; 产流面积

中图分类号 : P33 文献标识码 : A 文章编号 : 1006-764X(2004)05-0021-03

随着黄河流域开发治理进程的加快 , 人类活动对洪水的影响目前已提到黄河重大问题研究的议事日程上来 . 人类活动对洪水的影响是一个非常复杂的问题 , 它不仅与流域的治理情况有关 , 而且还与流域的暴雨洪水量级及其时空分布形式等因素有关 . 在以往的分析工作中 , 一般都采用简单的手段进行定性分析 . 随着流域水文模型的发展 , 利用流域水文模型来定量分析人类活动对流域洪水的影响 , 是近代水文学发展的一个重要结果 . 泾洛渭河流域地处半湿润半干旱地区 , 其流域产汇流特性较为复杂 . 本文以流域水文模型和经验相关方法为工具 , 对泾洛渭河流域的产汇流特性进行较深入的分析 , 为研究人类活动对流域洪水的影响奠定良好的基础 .

1 流域概况

泾洛渭河流域发源于甘肃省渭源县乌鼠山 , 由西向东流经甘肃省的渭源、陇西、武山、甘谷、天水等县和陕西省的宝鸡、眉县、周至、咸阳、西安、临潼、渭南、华县、华阴等市县 , 在潼关汇入黄河 , 全长 818 km , 流域总面积约 135 000 km² , 由渭河、泾河和北洛河组成 . 渭河是泾洛渭河流域的主河道 , 流域面积 89 579 km² , 右岸南山支流较多 , 各河均发源于高耸陡峻的秦岭山地 , 植被较好 ; 泾河是渭河的最大支流 , 流域面积 45 421 km² , 植被较为稀疏 , 有些局部地区植被较好 ; 北洛河是渭河第二大支流 , 流域面积 26 905 km² , 植被较为稀疏 .

泾洛渭河流域的降水量在黄河流域是属于比较

多的地区之一 . 主要多雨区在渭河中下游 , 年降水量大多在 600 ~ 800 mm 之间 , 汛期降水量在 350 ~ 500 mm 之间 . 主要少雨区在西北部 , 年降水量大多少于 450 mm , 汛期降水量少于 300 mm . 由于受季风气候和地形的影响 , 降水量在时间分配上的变化较大 , 6 ~ 10 月降水量可占全年降水量的 65% ~ 80% .

2 流域产汇流特性分析

2.1 分析方法

由于流域洪水是流域气候条件(主要指降雨特性) 和下垫面条件综合作用的产物 , 这些条件对流域洪水的形成起着决定性作用 , 对流域的产汇流特性进行识别是一个较为复杂的过程 . 流域的产汇流过程主要包括产流过程和汇流过程 , 一般而言 , 产流过程较为复杂 , 汇流过程的处理比较简单 . 通常情况下 , 流域产流方式可分为蓄满产流方式和超渗产流方式 . 蓄满产流的影响因素为降雨量、雨期蒸散发和降雨开始时包气带含水量 , 超渗产流的影响因素为降雨量、降雨强度、雨期蒸散发和降雨开始时包气带含水量 . 也就是说 , 蓄满产流与雨强无关 , 超渗产流与雨强有关^[1] .

在实际应用中 , 新安江模型主要基于蓄满产流理论 , 陕北模型基于超渗产流理论 . 本文分别以这两种常用的水文模型^[2,3]来模拟泾洛渭河流域的降雨径流过程 , 依据模拟结果来分析泾洛渭河流域的产汇流特性 , 并采用经验相关方法加以说明 .

基金项目 国家自然科学基金资助项目(50309002)
作者简介 (黄国如(1969—) 男 , 江苏六合人 , 副教授 , 博士 , 主要从事流域水文模拟研究 .

2.2 水文站网和洪水场次选择

根据代表性原则和实际观测条件,在渭河咸阳以上流域共选择了 11 个流量站、66 个雨量站和 8 个蒸发站,流量站的控制面积为 219 ~ 2 935 km²;在泾河张家山以上流域共选择了 14 个流量站、72 个雨量站和 9 个蒸发站,流量站的控制面积为 59.8 ~ 4 640 km²;在北洛河状头以上流域共选择了 4 个流量站、39 个雨量站和 4 个蒸发站,流量站的控制面积为 774 ~ 4 715 km².

根据在保证资料质量前提下尽可能选用较多场次雨洪的原则,在渭河咸阳以上流域范围内共选择 74 次雨洪,次降雨量为 5.21 ~ 222.1 mm;在泾河张家山以上流域范围内共选择 112 次雨洪,次降雨量为 1.37 ~ 179.1 mm;在北洛河状头以上流域范围内共选择 27 次雨洪,次降雨量为 4.45 ~ 82.79 mm.

综合以上可知,在研究范围内共选择了 29 个流量站、177 个雨量站和 21 个蒸发站,流量站的控制面积为 59.8 ~ 4 715 km²,共选用了 213 次雨洪,次降雨量为 1.37 ~ 222.1 mm,基本包括了大、中等雨洪过程.

2.3 适用的流域水文模型的确定

由于超渗产流与降雨强度密切相关,泾洛渭河流域的雨强变化较大,采用陕北模型模拟计算时段长取为 10 min. 为便于比较,相应的新安江模型的计算时段长也取为 10 min. 另外,为了比较不同计算时段长对计算结果的影响,也就是降雨强度对计算结果的影响,还采用 1 h 作为新安江模型的计算时段长度,以比较 10 min 和 1 h 这两种计算时段长度对计算结果的影响.

首先,通过比较新安江模型($\Delta t = 10\text{ min}$)与陕北模型($\Delta t = 10\text{ min}$)的计算结果得知,在保持基本相同的率定精度前提下,各子流域的新安江模型参数变化范围不大; $P + W_0 \sim R$ 关系密切, $W_0 \sim \alpha$ 关系也密切,且点据分布规律符合蓄满产流特征(图 1,图 2);但各子流域的陕北模型参数变化范围很大,且 $i \sim \alpha$ 关系违背了应有的物理意义(图 3). 在以上叙述及图 1 ~ 3 中, P 为降雨量, W_0 为初始土壤含水量, R 为径流量, α 为次洪的降雨径流系数, i 为次洪最大降雨强度.

其次,通过比较新安江模型 $\Delta t = 10\text{ min}$ 和 $\Delta t = 1\text{ h}$ 计算结果得知,在保持基本相同的率定精度前提下,各子流域不同计算时段的参数基本相同,说明降雨强度对计算结果几乎没有什么影响,这正是蓄满产流的重要特征. 表 1 为利用新安江模型($\Delta t = 1\text{ h}$)得到的泾洛渭河流域的模拟精度汇总.

2.4 流域产流面积的变化

由次洪 $P + W_0 \sim R$ 相关关系(图 1)可以发现,在

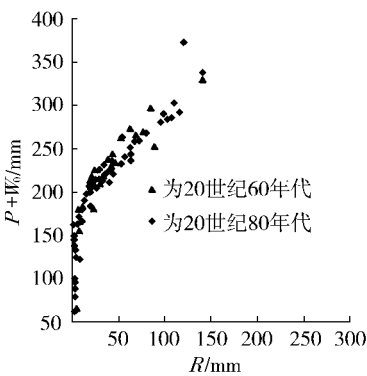


图 1 渭河流域 $P + W_0 \sim R$ 相关关系

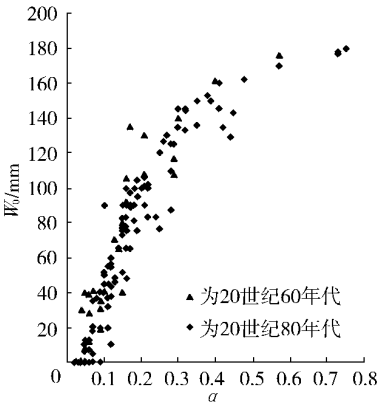


图 2 渭河流域 $W_0 \sim \alpha$ 相关关系

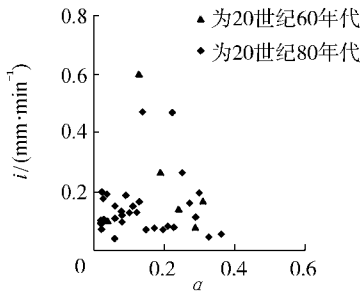


图 3 渭河流域 $i \sim \alpha$ 相关关系

所选用的雨洪中,尽管次降雨量可大到 222.1 mm,但只有很少一些雨洪属于全流域产流的,尤其是泾河流域和北洛河流域,几乎没有发生过全流域产流的雨洪.因此,可以想象,在一次降雨中,一般只有那些容易产流的地方才有径流产生.这些易产流的地方包括水面、低洼湿润地区、森林涵养水分的地区和裸露岩石表面等.由于泾洛渭地区降雨空间分布不均匀程度大,故流域面积越大,局部产流的可能性就越大.此外,还发现即使次降雨量小到 1.37 mm,流域上也有径流产生,这也是对局部产流猜想的一种支持.

基于以上观点可以认为,泾洛渭流域中大多数子流域的次降雨径流系数很小的原因是局部产流所致.如果不采用对全流域计算次洪径流系数的方法,而是化算成产流面积上的次降雨径流系数,则降雨径流系数就将增大许多.流域次降雨径流系数 α 与

表 1 基于新安江模型($\Delta t = 1\text{ h}$)得到的
泾洛渭河流域的模拟精度汇总

流域名称	水文站名	径流深 相对误差的绝对值 平均/%	洪峰流量 相对误差的绝对值 平均/%	峰现时间 误差的绝对值 平均/h	确定性系数 平均	次洪 径流系数 平均	使用的洪水 次数/次
渭河	秦渡镇	8.42	12.50	3.4	0.842	0.69	20
	涝峪口	2.11	4.35	2.2	0.930	0.76	10
	益门镇	5.01	9.47	2.0	0.845	0.78	6
	鸛 鹄	7.93	7.08	1.0	0.877	0.88	10
	仁 大	3.62	4.19	0	0.868	0.14	5
	天 水	5.64	1.07	0	0.881	0.34	3
	凤阁岭	1.43	4.37	2.0	0.911	0.29	2
	朱 园	10.91	8.05	0	0.893	0.33	2
	社 棠	5.50	7.94	1.5	0.702	0.19	10
	甘 谷	9.22	22.40	0.9	0.699	0.10	9
泾河	千 阳	4.81	6.00	4.5	0.696	0.23	8
	太白良	13.86	16.26	0.7	0.672	0.25	4
	彭 阳	3.73	3.33	0.4	0.831	0.24	11
	张 河	8.85	5.62	1.7	0.778	0.11	8
	百 里	5.29	1.01	0.4	0.818	0.16	6
	板 桥	2.35	18.51	0.3	0.714	0.14	3
	洪 德	3.91	3.19	1.1	0.815	0.18	11
	刘家河	3.12	1.26	1.4	0.869	0.25	4
	悦 乐	3.81	41.07	0.3	0.715	0.16	5
	杨 闫	5.36	5.77	0.9	0.794	0.20	10
北洛河	姚新庄	5.59	12.01	0.6	0.723	0.22	15
	三关口	2.59	24.20	0.3	0.606	0.17	10
	清水沟	5.02	5.34	0.2	0.744	0.13	3
	窑峰头	4.52	4.37	0.7	0.695	0.16	3
	安 口	1.31	1.03	1.0	0.797	0.27	6
	志 丹	5.48	25.18	1.0	0.728	0.28	5
	吴 旗	6.74	14.46	0.5	0.795	0.12	11
	张村驿	0.48	0.76	7.0	0.957	0.05	1
	黄 陵	5.27	1.47	14.5	0.890	0.23	6

产流面积次降雨径流系数 α_f 的关系可以推导如下：

令 P 为次降雨量 , R 为 P 所产生的流域面积 F 上的径流深 , R_f 为 P 所产生的产流面积 F_f 上的径流深.由水量平衡原理可知 ,流域面积 F 上的径流量与产流面积 F_f 上的径流量相等 ,则

$$RF = R_fF_f$$

故产流面积上的径流深为

$$R_f = \frac{RF}{F_f}$$

则产流面积上的次降雨径流系数为

$$\alpha_f = \frac{R_f}{P} = \frac{RF}{PF_f} = \frac{R}{P} \frac{1}{\frac{F_f}{F}}$$

所以

$$\alpha_f = \alpha / \beta \tag{1}$$

式中 : F 为全流域面积 ; F_f 为产流面积 ; $\beta = F_f / F$ 为产流面积占全流域面积的比例.

显然 ,产流面积次降雨径流系数 α_f 是等于或大于流域次降雨径流系数 α 的 ,只有当全流域产流时 ,

才有 $\alpha_f = \alpha$.表 2 为泾洛渭流域中部分流域洪水的 α 和 α_f 值计算成果.

表 2 泾洛渭河流域部分场次洪水的 α 和 α_f 值

水文站名	洪号	P	R	α	β	α_f
涝峪口 $F = 347\text{ km}^2$	860709	56.30	30.69	0.55	1.000	0.55
	840705	87.36	61.79	0.71	1.000	0.71
	840909	45.65	40.04	0.88	1.000	0.81
	840923	45.01	39.20	0.87	1.000	0.87
	830719	74.16	63.14	0.85	1.000	0.85
	830730	115.32	92.56	0.80	1.000	0.80
	830907	82.00	33.54	0.41	1.000	0.41
甘谷 $F = 1846\text{ km}^2$	860708	32.33	2.02	0.06	0.066	0.91
	860702	27.60	2.37	0.09	0.099	0.91
	830911	30.64	2.10	0.07	0.089	0.79
	830815	84.70	6.39	0.08	0.158	0.51
	810712	52.99	3.43	0.06	0.092	0.65
社棠 $F = 1846\text{ km}^2$	860708	49.95	11.92	0.24	0.313	0.77
	850911	48.84	19.33	0.40	0.645	0.62
	850907	52.02	7.08	0.14	0.234	0.60
	850828	36.62	6.35	0.17	0.204	0.83
	840801	56.00	10.68	0.19	0.216	0.88
	830830	15.95	2.15	0.13	0.145	0.90
	820526	6.55	0.88	0.13	0.203	0.64
吴旗 $F = 3408\text{ km}^2$	810821	88.78	19.24	0.22	0.462	0.48
	860626	48.29	3.77	0.08	0.100	0.80
	850814	19.36	5.08	0.26	0.262	0.99
	830906	29.18	0.72	0.02	0.048	0.42
志丹 $F = 748\text{ km}^2$	810712	42.02	1.22	0.03	0.070	0.43
	860626	46.48	5.77	0.12	0.147	0.82
	840826	55.51	15.26	0.27	0.302	0.89
	810713	47.40	3.69	0.08	0.105	0.76
黄陵 $F = 2266\text{ km}^2$	850912	74.37	11.19	0.15	0.226	0.66
	830926	52.41	12.94	0.25	0.305	0.82
	810906	35.97	12.70	0.35	0.386	0.91
	810904	67.66	14.45	0.21	0.286	0.73
	810830	121.00	17.05	0.14	0.281	0.50

由于易产流地区大都是包气带缺水量较小地区 ,是易于蓄满产流的地方 ,所以这一发现也是对泾洛渭河流域使用新安江模型的一种支持.

综上所述 ,在现有资料条件下 ,泾洛渭河流域的产流方式以蓄满产流为主.对于渭河流域 ,尤其是渭河以南发源于秦岭北麓的诸河流域 ,新安江模型是适用的 ,对于泾河流域和北洛河流域 ,新安江模型基本上也是适用的.

3 结 论

通过对研究区域内 213 场次雨洪的分析计算发现 ,尽管用于研究的次洪降雨量从 1.37 mm 到 222.1 mm ,用于研究的流域面积从 59.8 km² 到 4715 km² ,但总体上表现出较为明显的蓄满产流特点 ,即产流量与初始流域蓄水量关系密切 ,而与降雨强度关系散乱.并且发现该区域次洪径流（下转第 56 页）

个构件且构件的检测测区数为 10 时强度推定的实现. 由于所有构件的每一测区强度换算值均存储在同一个数组中, 且每一构件的测区数均为 10, 所以通过循环结构对数组元素按顺序分组, 每组 10 个值, 每组值对应一个构件, 每一次循环进行一次计算, 得到一个构件的强度推定值, 这样可得到所有构件的强度推定值, 并存储到一维数组中. 按单个构件检测时通常在构件上布置 10 个测区, 当然, 在少数情况下在构件上布置的测区数也可能少于或多于 10 个, 故本系统将这两种情况作为单独的功能进行处理, 其实现也很简单.

4 系统特点

本系统有很好的密码验证与管理功能, 可以有效地保证系统的安全, 避免非法用户破坏. 使用人员只有通过身份验证以后才能进入本系统主界面, 而且只有具有系统管理员的身份才有权进行用户的管理, 包括添加新用户、修改用户密码和删除用户.

本系统通过 Data 数据控件连接 VB 用户界面和 Microsoft Access 2000 数据库, 进行有关回弹数据的

(上接第 36 页)

b. 由于库区弃土细粒含量高, 单独作为管袋充填土体, 脱水时间长达 20 d 以上; 充填粉细砂掺 15% 土块浆可满足工期需要, 但弃土掺量太少又需增加掺和工艺, 实际意义不大.

c. 为满足工期需要, 只能采用粉细砂充填管袋, 经试验, 管袋布的 O_{95} 可比按规范的计算值提高 1 倍, 以利于排水固结.

d. 库区主要弃土 3 号土采用吹填工艺同样不能满足工期需要.

e. 采用翻晒干填碾压工艺可满足施工要求, 但需提前备土.

2002 年 11 月全面开工建设, 2003 年 5 月上旬围堰合龙, 管袋棱体充填已经结束, 现正进行坝体干填碾压施工.

参考文献:

[1] Pilarczyk K W. Geosynthetics and geosystems in hydraulic and coastal engineering [M]. Rotterdam :Balkema A A 2000. 217 ~ 414.
[2] SL/T225-98 水利水电工程土工合成材料应用技术规范 [S].
[3] JTJ/T239-98 水运工程土工织物应用技术规程 [S].
(收稿日期 2003-12-01 编辑 骆超)

查询与计算, 由于 Data 数据控件简单、易用, 所以本系统的功能相对比较容易实现.

5 结 语

a. 本系统可以对回弹检测数据进行自动计算与查询, 不但减少检测人员的工作量, 而且避免了手工计算与查询产生的错误, 有效地提高了工作效率.

b. 本系统才开始运用于回弹检测工作中, 存在着一些不足之处, 仍需进一步完善与升级.

参考文献:

[1] 詹炳根. 回弹法检测混凝土强度数据快速处理系统 [J]. 建筑技术开发, 1998, 25(6): 38 ~ 39.
[2] 廖备水, 孙超图. 基于 ASP 的泵站计算机监控信息查询系统 [J]. 中国农村水利水电, 2003(4): 46 ~ 47.
[3] 林陇万. Access 2000 中文版应用指南 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2000. 1 ~ 112.
[4] 刘萌. Visual Basic 中文版入门与提高实用教程 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2003. 295 ~ 348.
[5] JGJ/T23-2001 回弹法检测混凝土抗压强度技术规程 [S].
(收稿日期 2003-12-29 编辑 高建群)

(上接第 23 页) 系数较小或很小的原因是场次雨洪的产流面积往往不是全流域面积, 即场次雨洪为局部产流. 若改为计算产流面积上的次洪径流系数, 则次洪的径流系数明显提高. 这就表明产流面积的变化是影响该地区产汇流规律的重要因素, 预示着采用分布式流域水文模型的必要性.

参考文献:

[1] 芮孝芳. 产汇流理论 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1995.
[2] 赵人俊. 流域水文模型(新安江模型和陕北模型) [M]. 北京: 水利电力出版社, 1984.
[3] Zhao R J. The Xinanjiang model applied in China [J]. Journal of Hydrology, 1992, 134: 371 ~ 381.
(收稿日期 2004-02-16 编辑 高建群)

