

淮河上游山区迎河小流域年降雨与径流特征分析^{*}

胡续礼¹, 杨三平², 张春平¹

(1. 淮河流域水土保持监测中心站, 安徽 蚌埠 233001; 2. 河南省鲁山县水土保持试验站, 河南 鲁山 372100)

摘 要: 根据 1981~2004 年连续 24 a 的降雨、径流实测资料, 采用数理统计方法分析了淮河流域上游迎河小流域的年降雨、径流变化特征及降雨与径流的关系。结果表明: 迎河小流域降雨、径流的年际变异程度均较大, 离差系数分别为 0.28 和 0.45, 显示出区域旱涝灾害出现机率大; 降雨年内分配集中, 汛期降雨量占年雨量 82.1%; 典型年份雨次的分析表明, 流域次降雨雨型以均匀型为主; 年降雨量同年径流量存在很好的线性正相关关系, 可以用年降雨量对径流量进行预报; 径流率与汛期雨量存在良好的线性正相关关系。

关键词: 淮河; 小流域; 径流; 年降雨; 年径流

中图分类号: S157; P426.6

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)04-0020-04

The Relationship between Annual Rainfall and Surface Runoff in Yinghe Watershed in the Upstream of the Huaihe River Basin

HU Xu-li¹, YANG San-ping², ZHANG Chun-ping¹

(1. Water & Soil Conversation Monitoring, Central Station of the Huaihe River Basin, Bengbu, Anhui 233001, China;

2. The Station of Soil & Water Conversation in Lushan County, Lushan, He'nan 372100, China)

Abstract: Based on the observation data from 1981 to 2004, characteristics of annual precipitation and runoff and their relationship in the typical watershed, Yinghe catchment, of the Huaihe river basin are systemically analyzed. The results show that there is a clear difference in annual precipitation and runoff flow year by year with 0.28 and 0.45 variance coefficient respectively. The rainfall amounts distribution centralizes in the flood months, with 82.1% of the total occurring from May to October. Annual rainfall amount is a decisive factor of annual runoff. It implies that there is a rich opportunities of flood and drought disaster. The analysis of the typical year's data shows that the even rainfall pattern is dominant. There is a very clear positive correlation relationship between annual precipitation and runoff flow, between runoff ratio and rainfall amount in the flood months either.

Key words: upstream of the Huaihe River Basin; small watershed; runoff; annual precipitation; annual runoff

降雨及由此产生的径流是除土壤地质、植被等影响因素之外, 产生水土流失的重要的原动力因素, 深入了解区域降雨与径流之间、径流与产沙之间的关系, 对于深入认识水土流失规律、了解泥沙输移规律均具有重要的意义^[1~6]。淮河流域的水土流失集中分布于上游山丘区, 这些地区生态环境较为脆弱, 而对于这些区域内的水流沙关系及水土流失规律的研究相对很少。选择位于淮河流域沙颍河上游伏牛

山区的一个典型小流域作为研究对象, 探讨降雨变化特征及其与径流的关系, 为提示区域水土流失规律, 进而为淮河流域上游山丘区的生态环境治理提供科学依据。

1 研究区概况

研究区位于河南省鲁山县境内迎河小流域, 其地理位置为 112°42'49"N~112°44'20"E, 33°54'16"N

* 收稿日期: 2006-04-06

基金项目: 水利部淮河委员会“淮河流域上游重点地区水土流失监测模型专题研究”项目资助

作者简介: 胡续礼(1973-), 男, 工程师, 安徽亳州市人, 硕士, 研究方向为 3S 技术在水土保持中应用。

~ 33°56′ 34″N, 海拔高程 258~ 732 m, 多年平均降水量 718.5 mm。流域多年平均气温 14.6℃, 年日照时数 1 625.9 d, 平均无霜期 245 d, 气候类型属于暖温带大陆性季风气候。该区成土母质为石灰岩、

片麻岩, 流域内主要的土壤以坡黄土、立黄土为主, 软马骨石土次之。小流域特征见表 1。河南省水利厅在该小流域于 1980 年设立水土保持试验站, 自 1981 年来连续对小流域降水、径流、泥沙进行观测。

表 1 迎河小流域基本情况表

名称	水系	流域 面积/km ²	流域 比降/%	长度/km	宽度/km	形状系数	不对称系数	植被 覆盖率/%
迎河	淮河	5.73	49.6	5.0	1.2	0.3	1: 0.5	31

2 研究方法

在小流域沟口设置总控制断面, 上部设一三角量水堰, 顶角 120°, 最大水头 0.5 m, 流量小时采用三角堰测流; 下部建有矩形断面, 宽 8 m, 顺直段 50 m, 河底与河岸均用浆砌石衬砌, 河床比降为 0.89%, 流量大时观测采用。同时在流域内设置 5 个雨量站点, 其中基本雨量站 1 个(岳村站, 含气象观测), 一般雨量站 4 个(石梯沟、桔茨湾、李大沟、赵家), 采用虹吸式自记雨量计观测流域降雨(其中 1981~ 1983 年使用标准雨量筒观测)。对观测结果按照径流测验与资料整编制规定进行整理, 然后采取数理统计方法对已整理的年降雨量、径流量资料进行分析。

3 结果与讨论

3.1 降雨特征分析

3.1.1 降雨的年内分配特征

表 2 迎河小流域 1981~ 2004 年月平均降雨量分配比例

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
降雨量/mm	9.6	15.6	32.6	38.4	70.2	78.2	151.8	145.3	96.6	47.7	22.4	10.1	718.5
比例/%	1.3	2.2	4.5	5.3	9.8	10.9	21.1	20.2	13.5	6.6	3.2	1.4	100.0

表 3 迎河小流域 1981~ 2004 年平均降雨量季节分配比例

季节	12~ 2月	3~ 5月	6~ 8月	9~ 11月	汛期(5~ 10月)	非汛期(11~ 4月)
降雨量/mm	35.3	141.2	375.3	166.7	589.8	128.7
比例/%	4.9	19.6	52.2	23.3	82.1	17.9

3.1.2 降雨的年际变化特征

采取降雨平均变率(K_1)、降雨变率(K_2)和降雨离差系数(C_v)3 个指标来反映流域的降雨年际变化的稳定程度。3 个指标越大, 说明降雨的年际分配越不稳定, 旱、涝灾害出现的机率也就越大。3 个指标的计算方法分别为: $K_1 = (\text{极大值} - \text{极小值}) / \text{平}$

均以流域 1981~ 2004 年降雨资料为基础进行统计, 迎河小流域多年各月平均雨量及分配比例见表 2。小流域内多年平均降雨量为 718.5 mm, 其中 7, 8 两个月份降雨量最大, 分别占年降雨量的 21.1% 和 20.2%。年内各月降雨量呈正态分布。

降雨在季节的分配上(见表 3), 夏季 6~ 8 月降雨量最多, 占年降雨量的 52.2%, 冬季 12~ 2 月份降雨量最少, 占年雨量的 4.9%。汛期(5~ 10 月)降雨量占年雨量的 82.1%, 降雨的集中程度高。通过对 24 a 的年降雨量与汛期降雨量进行相关分析知(见图 1 A), 区域的汛期雨量与年雨量呈显著线性正相关, 模型表达为:

$$P_{\text{年}} = 0.9366 \times P_{\text{汛期}} + 170.2$$

$$(r = 0.97, R^2 = 0.94, n = 24)$$

式中: $P_{\text{年}}$ ——年降雨量(mm); $P_{\text{汛期}}$ ——汛期降雨量(mm)。

均值, $K_2 = \text{极大值} / \text{极小值}$, $C_v = \text{标准差} / \text{平均值}$ 。采取同样的方法同时对每年的降雨日数进行统计分析。计算结果见表 4。对于年降雨量而言, K_1 , K_2 , C_v 分别为 1.25, 3.25, 0.28。由此可以看出, 迎河小流域降雨量年际变化较大, 极易发生旱、涝灾害。

表 4 各系数计算结果

指标	极大值	极小值	平均值	标准差	K_1	K_2	C_v
降雨量/mm	1366.6	420.4	756.5	215.5	1.25	3.25	0.28

3.1.3 降雨的过程特征

降雨的过程特征是指降雨量随时空的变化规

律, 跟区内的降雨雨型关系密切, 同流域内的土壤及植被因素一起, 对流域河道内的径流及输沙过程产

生重要的影响^[10]。通过对布设于流域内的 5 个雨量站点(1 个基本站,4 个一般站)的降雨量进行初步分析,发现降雨量在流域内空间变异不显著,这与流域面积较小有较大的关系,故采用基本站岳村站的降雨对流域的降雨特征进行分析。对降雨雨型的划分采取次降雨最大时段降雨量与次降雨量之比 r 作为划分标准, $r = P_{30}/P_t$, 其中 P_{30} 为次降雨最大 30 min 降雨量, P_t 为次降雨总量。将流域内降雨次降雨过程划分 3 个类型:均匀型($r < 0.25$)、峰值型($r = 0.25 \sim 0.5$)、突发型($r = 0.5$ 以上)。利用基本上处于流域偏丰水年(2000 年,2003 年)、平水年(2002 年)、偏枯水年(1995 年)4 个年份 53 次侵蚀性降雨过程进行分析。结果(见表 5)发现,该流域降雨雨型分布以均匀型为主,占 49%,峰值型最少,占 20%。在各降雨水平年上表现也存在一定的差异,如 2003 年 2/3 的雨次为均匀型降雨;而在偏丰水年年份雨型表现为向两极发展,突发性降雨明显增多,如 2003 年共摘读出 53 次侵蚀性降雨^[9]过程,其中

近 50% 的雨次为突发型降雨;在平水偏上年份以均匀型降雨为主,均匀型降雨次数可达 50% 以上(2002 年);平水偏下年份雨型分布相对较均匀,各种雨型雨次呈平均状态,各占 1/3 左右(1995 年)。

表 5 4 年 53 次降雨的雨型划分结果

年份	年雨量/ mm	均匀型/ 次	峰值型/ 次	突发型/ 次	小计
1995	652.6	5	5	4	14
2000	1024.6	5	2	6	13
2002	799.4	6	3	2	11
2003	915.7	10	1	4	15
合计		26	11	16	53

3.2 径流量年际变化特征

小流域总控制断面实测的 1981~2004 年流域的产流量见表 6。同样以 K_1, K_2, C_v 3 个系数来表征径流量的年际变化程度, K_1, K_2, C_v 分别为:3.43, 35.77, 0.45。说明小流域径流量年际变化较年降雨量的变异程度更大,其离差系数 C_v 达 0.45,最大年径流量是最小年径流量的 35.77 倍。

表 6 年径流量变异指数

年径 流量/ m^3	极大值	极小值	平均值	标准差	K_1	K_2	C_v
10 000	279.0	7.8	79.1	66.4	3.43	35.77	0.45

3.3 年降雨与年径流关系特征

迎河小流域 1981~2004 年降雨、径流观测数据见表 7。分别将年降雨量($P_{\text{年}}$)、汛期降雨量($P_{\text{汛期}}$)、年径流量($Q_{\text{年}}$)、年径流率(M)点绘成图,见图 1(B~F),进行回归分析。从图中可以看出,年降雨量和汛期降雨量均与年径流量呈较好地相关关系,其复相关系数分别达 0.861 6 和 0.784 6,采取年降雨量可对年径流量进行较好地预报,而汛期雨量则稍差一些。以年降雨量和径流量构建数学模型,其表达式为:

$$Q_{\text{年}} = 0.286\,2 \times P_{\text{年}} - 137.42$$

表 7 迎河小流域 1981~2004 年降雨与径流观测结果

年份	降雨量/mm		径流量/ $10^4\,m^3$	径流深/ mm	径流率	年份	降雨量/mm		径流量/ $10^4\,m^3$	径流深/ mm	径流率
	$P_{\text{年}}$	$P_{\text{汛期}}$					$P_{\text{年}}$	$P_{\text{汛期}}$			
1981	618.3	482.8	19.4	33.9	0.055	1993	484.8	317.0	7.8	13.6	0.028
1982	1038.2	941.3	212.0	370.0	0.356	1994	928.9	750.4	91.1	159.0	0.171
1983	1366.6	1224.2	279.0	486.9	0.356	1995	652.6	599.3	60.2	105.0	0.161
1984	964.5	843.1	131.6	229.7	0.238	1996	791.6	662.3	102.9	179.6	0.227
1985	781.5	708.0	77.3	134.9	0.173	1997	420.4	276.0	27.5	48.0	0.114
1986	615.3	502.9	21.5	37.5	0.061	1998	793.8	612.2	67.1	117.2	0.148
1987	687.3	576.4	28.3	49.4	0.072	1999	571.2	418.9	14.6	25.4	0.045
1988	817.0	728.9	138.3	241.4	0.295	2000	1024.6	971.6	153.2	267.4	0.261
1989	706.1	462.1	56.9	99.2	0.141	2001	573.9	477.1	47.7	83.3	0.145
1990	893.5	620.1	76.4	133.3	0.149	2002	799.4	722.1	83.4	145.6	0.182
1991	519.3	359.3	26.7	46.7	0.090	2003	915.7	778.8	110.8	193.4	0.211
1992	601.6	470.4	35.6	62.1	0.103	2004	592.1	521.5	29.6	51.7	0.087

注:(1)径流深=径流量/流域面积,面积单位 km^2 ;(2)径流率=径流深/降雨量。

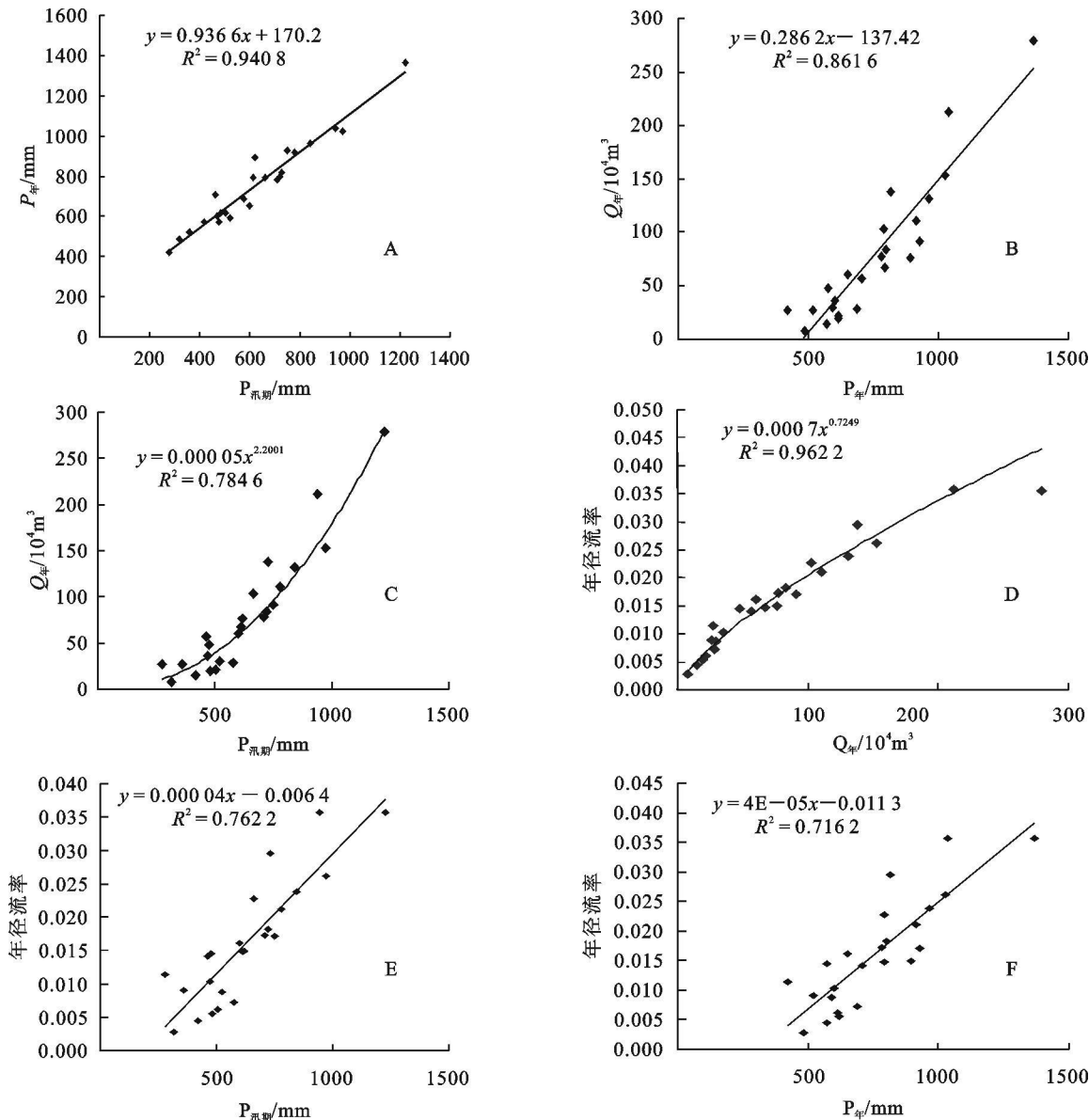


图 1 迎河小流域降雨量 P 、径流 $Q_{\text{年}}$ 、径流率 M 关系图

4 结 论

通过对淮河流域上游迎河小流域连续 24 a 的降雨、径流观测成果进行系统分析, 从中可以得出以下结论:

(1) 流域的降雨量年内分配集中度大。降雨年际变异大, 极易发生旱、涝灾害。流域内降雨雨型以均匀型为主。

(2) 流域年径流量变异程度较年降雨量的变异大。年径流量与年降雨量密切相关, 可以以年降雨量对径流量进行模型预报。其数学模型表达式为:

$$Q_{\text{年}} = 0.2862 \times P_{\text{年}} - 137.42$$
$$(R^2 = 0.8616, n = 24)$$

参考文献:

[1] 唐克丽. 黄河流域的侵蚀与径流泥沙变化[M]. 北京:

中国科学技术出版社, 1993. 23- 55.

[2] Morgan R P C. Soil Erosion and Conservation(third Edition)[M]. Cornwall: Blackwell Publishing, 2005. 116 - 151.

[3] Renard K G, Foster G R, Weesies G A, et al. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE) [Z]. AH 703. USDA. Government Print Office, Washington, DC. 1997.

[4] 穆兴民, 徐学选, 陈露巍. 黄土高原生态水文研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001. 125- 235.

[5] Kinnell, P I A. Runoff ratio as a factor in the empirical modeling of soil erosion by individual rainstorms[J]. Aust. J. Soil Res., 1997, 35: 1- 13.

[6] 陈浩. 降雨径流对大理河流域系统泥沙输移比的影响[J]. 水土保持学报, 2000, 14(5): 19- 27.