

# 黄土高原流域出口站降雨的面代表性分析

焦菊英 王万中 郝小品

(中国科学院、水利部水土保持研究所 陕西 杨陵 712100)

**摘 要** 根据黄土高原 10 个 50-350km<sup>2</sup> 的小流域 83 个雨量站 390 场暴雨实测资料,对流域出口站降雨的面代表性进行了分析,包括流域出口站次雨量的面代表性、次降雨最大时段雨强的面代表性、年雨量的面代表性分析。结果表明:流域出口站次降雨的面误差程度随着流域面积的增大而增大,出口站雨量大于面雨量的正误差机率为 39.1%,出口站雨量小于面雨量的负误差机率为 60.9%,说明出口站雨量普遍小于面雨量;出口站雨量与面雨量正误差绝对值大于负误差绝对值,说明出口站雨量大于面雨量的正误差程度要比负误差程度大。另外,出口站次降雨最大时段雨强的面误差程度要比次雨量大;对于局地性降雨来说,按 10%误差计算,流域出口站可代表的流域面积为 15-20km<sup>2</sup>;按 20%的误差计算,流域出口站可代表的流域面积为 30-50km<sup>2</sup>;流域面积超过 50km<sup>2</sup>,流域出口站面雨量的误差程度超过 30%。

**关键词** 黄土高原 流域 出口站 降雨 面代表性

在雨沙关系分析中,人们习惯于用流域出口站的降雨量直接与流域出口站的泥沙量建立统计分析关系,但由于对流域出口站雨量与流域面雨量的误差程度缺乏充分的依据,对流域出口站雨量的面代表性缺乏充分的分析,因此,其雨沙关系的分析精度和可信度就难以被人们所接受。鉴此,我们在黄土高

原选择了 10 个 50-350km<sup>2</sup> 的小流域,对流域出口站降雨的面代表性进行了系统的分析,考虑到降雨雨型对面雨量代表性的影响,本文分雨型进行分析。A 型暴雨是指局地雷暴雨;B 型暴雨是指锋面性降雨夹有雷暴性质的降雨;C 型暴雨是指锋面性降水的暴雨。所选流域基本情况见表 1。

表 1 用于出口站降雨面代表性分析的小流域概况

流域名称	水系	面积 (km <sup>2</sup> )	雨量站数	单站控制 面积(km <sup>2</sup> )	位 置		所 在 地 区
					东 经	北 纬	
张家塬沟	黄 河	52.6	4	13.1	110°40'	37°29'	陕西省吴堡县张家塬乡
店 则 沟	无定河	56.4	6	9.4	110°25'	37°14'	陕西省清涧县店则沟乡
招 贤 沟	湫水河	57.2	6	9.5	110°53'	37°42'	山西省临县林家坪乡
店房台沟	无定河	87.0	3	29.0	109°29'	37°56'	陕西省横山县殿市乡
贾 家 沟	窟野河	93.4	4	23.3	110°44'	38°28'	陕西省神木县贺家川乡
洞 川 沟	秃尾河	140.0	4	35.0	110°17'	38°33'	陕西省神木县高家堡乡
岔 巴 沟	大理河	187.0	24	7.8	109°57'	37°44'	陕西省子洲县
南小河沟	泾 河	336.0	8	42.0	107°37'	35°42'	甘肃省庆阳县
文安驿川	清涧河	303.0	13	23.3	110°11'	36°53'	陕西省延川县城关乡
砚 瓦 川	泾 河	330.0	11	30.0	107°52'	35°35'	甘肃省宁县
韭 园 沟	无定河	70.1	12	5.8	110°16'	37°33'	陕西省绥德县城关乡

表2 流域出口站次降雨雨量与面雨量的误差分析

流域	面积 (km <sup>2</sup> )	综合			A型降雨			B型降雨			C型降雨		
		降雨 场次	误差(%)		降雨 场次	误差(%)		降雨 场次	误差(%)		降雨 场次	误差(%)	
			平均	最大		平均	最大		平均	最大		平均	最大
张家塆沟	52.6	23	29.0	331.0	5	24.4	41.0	12	42.1	331.0	6	6.6	15.7
店则沟	56.4	19	33.8	106.0	13	43.8	106.0	5	13.9	33.2	1	2.9	2.9
韭园沟	70.1	130	34.1	258.8	48	63.4	258.8	24	24.5	51.2	58	13.9	63.8
店房台沟	87.0	27	35.4	215.4	13	49.3	215.4	13	23.4	65.5	1	11.9	11.9
贾家沟	93.4	34	40.7	161.9	13	47.9	111.7	17	38.9	161.9	4	24.8	45.8
洞川沟	140.0	26	42.4	207.1	11	61.3	207.1	13	30.7	68.8	2	14.7	24.2
岔巴沟	187.0	61	63.1	395.7	32	88.3	395.7	19	43.3	121.4	10	20.2	55.0
文安驿川	303.0	18	44.7	173.4	6	67.2	173.4	11	35.4	90.3	1	11.6	11.6
砚瓦川	330.0	31	49.5	448.8	7	135.8	448.8	17	27.8	149.7	7	16.1	38.7
南小河沟	336.0	22	36.1	100.0	6	73.3	100.0	12	25.7	52.1	4	11.3	28.5
平均	165.6	39	40.9	239.8	15	65.5	205.8	14	30.6	112.5	9	13.4	29.8

1 流域出口站次雨量的面代表性分析

表2是10个流域出口站次雨量与面平均雨量的误差分析结果,从表2可以看出:

(1)10个流域391场降雨,流域出口站雨量与面雨量的平均误差为40.9%,平均最大误差为239.8%。其中A型降雨平均误差为65.5%,平均最大误差为205.8%;B型降雨平均误差为30.6%,平均最大误差为112.5%;C型降雨平均误差为13.4%,平均最大误差为29.8%。

(2)流域出口站雨量与面雨量误差程度(%)与流域面积基本呈正相关,但是在300km<sup>2</sup>以内变幅不大,其相关程度除A型降雨与流域面积关系比较密切外,B型和C型降雨与面积大小的关系不是很密切。

表3是出口站次降雨面雨量不同误差程度所代表的流域面积分析结果,从表3可知:

表3 次降雨面雨量不同误差程度所代表的流域面积

雨型	不同误差程度所代表的流域面积(km <sup>2</sup> )				
	10%	15%	20%	25%	30%
A	15	20	30	40	50
B	30	40	60	80	120
C	80	140	200	500	1000

(1)以误差不超过10%计算,不同类型暴雨要求流域出口站所代表的面积分别不超过:A型暴雨15km<sup>2</sup>;B型暴雨30km<sup>2</sup>;C型暴雨80km<sup>2</sup>。以误差不超过20%计算,各类型暴雨所要求出口站的代表面积分别不超过:A型暴雨

30km<sup>2</sup>;B型暴雨60km<sup>2</sup>;C型暴雨200km<sup>2</sup>。

(2)当流域面积分别超过50km<sup>2</sup>、120km<sup>2</sup>、1000km<sup>2</sup>时,各类暴雨流域出口站所代表的误差超过了30%。

为了进一步分析流域出口站雨量与面雨量误差(%)随面积大小的变化特征,我们用岔巴沟流域62场降雨资料,分别计算了流域出口站雨量与不同控制面积面雨量误差(%)随流域控制面积的变化情况,控制面积从流域出口站向上,分下游、中下游、全流域三个层次,从表4可知:随着流域出口站控制面积的增大,流域出口站雨量与面雨量误差(%)也增大。

表4 流域出口站雨量与面雨量误差(%)随不同控制面积的变化情况

流域区间	面积(km <sup>2</sup> )	平均	A型降雨	B型降雨	C型降雨
下游	57.3	53.6	80.5	30.1	12.2
中下游	122.8	67.1	99.8	38.2	17.6
全流域	187.0	63.1	88.3	43.3	20.2

关于出口站雨量与面雨量正负误差的发生概率与误差程度分析见表5。从表5可知:

(1)从11个流域409场降雨的平均情况看,出口站雨量大于面平均雨量的正误差发生机率为39.1%(160次),出口站雨量小于面平均雨量的负误差发生机率为60.9%(249次),正负误差发生概率为4:6。

(2)从11个流域409场降雨正负误差的误差程度来看,160次正误差的误差值为43%,249次负误差的误差值为-30%。从误差绝对值来

表 5 流域出口站雨量与面雨量的正负误差发生机率与误差程度分析

流域	面积 (km <sup>2</sup> )	综合		A 型降雨		B 型降雨		C 型降雨									
		降雨场次		误差(%)		降雨场次		误差(%)									
		+	-	+	-	+	-	+	-								
张家塬沟	52.6	13	10	31.7	-21.2	4	1	20.3	-41.0	6	6	65.8	-18.5	3	3	9.1	-4.1
店则沟	56.4	7	12	16.6	-18.3	6	7	47.0	-41.1	0	5	0.0	-13.9	1	0	2.9	0.0
招贤沟	57.2	3	15	11.2	-36.0	1	6	29.7	-62.7	1	9	1.4	-45.2	1	0	2.4	0.0
韭园沟	70.1	49	81	39.6	-29.3	20	28	89.2	-44.9	8	16	20.9	-26.3	21	37	8.7	-16.8
店房台沟	87.0	14	13	27.2	-20.4	9	4	60.1	-24.9	5	8	21.6	-24.5	0	1	0.0	-11.9
贾家沟	93.4	15	19	36.1	-36.9	6	7	36.6	-57.7	8	9	53.4	-25.9	1	3	18.3	-27.0
洞川沟	140.0	9	17	42.0	-31.4	3	8	72.9	-57.0	5	8	28.7	-32.0	1	1	24.2	-5.2
岔巴沟	187.0	25	36	65.7	-38.5	15	17	121.6	-58.9	6	13	47.7	-41.3	4	6	27.8	-15.1
文安驿川	303.0	11	7	52.4	-26.4	2	4	120.1	-40.8	9	2	37.2	-26.9	0	1	0.0	-11.6
砚瓦川	330.0	10	21	122.3	-34.3	2	5	310.9	-65.8	7	10	36.8	-21.5	1	6	19.2	-15.5
南小河沟	336.0	4	18	28.7	-38.8	1	5	51.4	-77.7	2	10	31.8	-24.5	1	3	3.0	-14.1
平均或总计	165.6	160	249	43.1	-30.1	69	92	87.3	-52.0	57	96	31.4	-27.3	34	61	10.5	-11.0

看,正误差的误差程度大于负误差。

(3) 从 11 个流域不同类型降雨正负误差的发生机率看:A 型降雨正误差发生机率大于负误差的有 2 个流域,小于负误差的有 9 个流域;B 型降雨正误差发生机率大于负误差的有 1 个流域,小于负误差的有 9 个流域,相同的有 1 个流域;C 型降雨正误差发生机率大于负误差的有 2 个流域,相同的有 2 个流域,小于负误差的有 7 个流域。三种雨型年均正误差发生机率大于负误差的有 3 个流域,小于的有 8 个流域。因此,从总体来看,80%的流域出口站雨量小于流域面雨量。

(4) 从 11 个流域不同类型降雨正负误差(%)的绝对值来看,A 型降雨正误差大于负误差的有 7 个流域,小于的有 4 个流域;B 型降雨正误差大于负误差的有 7 个流域,小于的有 4 个流域;C 型降雨正误差大于负误差的有 5 个流域,小于负误差的亦有 5 个流域。三种雨型平均正误差大于负误差的有 6 个流域,小于的有 5 个流域。因此,有近 70%的流域出口站雨量与面雨量的正误差程度大于负误差程度。

## 2 流域出口站次降雨最大时段雨强的面代表性分析

表 6 是各流域出口站次降雨最大(10min、30min、60min、120min) 时段雨强的面代表性分析结果,从表 6 可以看出:

(1) 出口站不同时段雨强与面时段雨强

误差程度的变化趋势随着降雨时段的增加,误差(%)亦相应减小,但减幅不大。例如,最大 10min 雨强的面误差为 75.5%,最大 120min 雨强的面误差为 58.6%。

(2) 一次降雨最大时段雨强的面误差(%)要比次降雨量大一些。从表 6 和表 2 的对比中就可以明显地看出这一点。

## 3 流域出口站年雨量的面代表性分析

表 7 是店则沟、韭园沟、文安驿川和南小河沟四条流域出口站年雨量的面代表性分析结果,从表 7 可以看出:

流域出口站年雨量与年面雨量的误差在流域面积 300km<sup>2</sup> 以下一般不超过 10%。从正负误差发生的机率来看,负误差机率大于正误差,正负误差发生机率的比为 3:7。而且四条流域出口站年雨量均小于流域平均年雨量。

## 4 结语

通过本文的分析,对黄土高原流域出口站降雨的面代表性有了一定的认识。从总体上来看,80%的流域出口站次降雨量小于流域面雨量,70%的流域出口站次降雨量与面雨量的正误差程度大于负误差程度;流域出口站次降雨的面误差程度随流域面积的增大而增大,与雨型也有很大的关系,A 型降雨大于 B 型降雨,B 型降雨大于 C 型降雨,平均误差为 40.9%,平均最大误差为 239.8%。次降雨最大时段雨强的面

表 6 流域出口站次降雨最大时段雨强的面代表性分析

流域	面积(km <sup>2</sup> )	降雨场次	误差(%)			
			10min	30min	60min	120min
			A 型降雨	A 型降雨	A 型降雨	A 型降雨
张家场沟	52.6	5	25.2	36.9	33.9	34.0
店则沟	56.4	13	37.7	41.9	44.4	43.7
店房台沟	87.0	13	104.2	89.2	67.7	54.1
贾家沟	93.4	13	65.2	61.6	56.4	52.5
洞川沟	140.0	11	81.6	74.9	69.6	61.6
岔巴沟	187.0	6	96.2	103.5	85.7	83.9
文安驿川	303.0	6	119.2	102.9	80.0	66.9
南小河沟	336.0	6	74.9	76.9	74.2	72.0
平均	156.9	9	75.5	73.5	64.0	58.6
			B 型降雨	B 型降雨	B 型降雨	B 型降雨
张家场沟	52.6	12	48.7	55.9	48.5	58.8
店则沟	56.4	5	11.7	9.3	11.2	12.7
店房台沟	87.0	13	52.5	53.0	49.3	38.3
贾家沟	93.4	17	56.3	60.6	60.5	62.9
洞川沟	140.0	13	61.1	37.2	42.4	37.0
岔巴沟	187.0	10	45.6	48.4	44.8	37.3
文安驿川	303.0	11	29.1	24.6	34.0	43.0
南小河沟	336.0	12	36.7	32.4	35.3	35.7
平均	156.9	12	42.7	40.2	40.7	40.7
			C 型降雨	C 型降雨	C 型降雨	C 型降雨
张家场沟	52.6	6	67.5	49.3	34.3	26.8
店则沟	56.4	1	2.5	15.3	1.2	13.4
店房台沟	87.0	1	20.3	11.2	6.9	10.7
贾家沟	93.4	4	23.5	31.8	37.9	37.7
洞川沟	140.0	2	67.4	36.1	16.0	15.3
岔巴沟	187.0	2	22.6	55.1	19.2	7.5
文安驿川	303.0	1	52.5	42.2	30.0	17.2
南小河沟	336.0	4	28.5	30.8	26.3	20.8
平均	156.9	3	35.6	34.0	21.5	18.7

表 7 流域出口站年雨量与年面雨量的误差程度分析

流域	面积(km <sup>2</sup> )	年限	正负误差的发生年数			正负误差(%)			最大误差(%)
			Σ	+	-	Σ	+	-	
店则沟	56.4	1980-1988	9	2	7	5.7	6.0	-5.6	-11.8
韭园沟	70.1	1955-1966	12	4	8	8.0	2.8	-10.5	-20.9
文安驿川	303.0	1981-1988	8	3	5	9.4	14.2	-6.5	17.0
南小河沟	336.0	1978-1984	7	1	6	18.9	18.5	-18.9	-30.8
平均			9	2.5	6.5	10.5	10.4	-10.4	-11.6

误差要比次降雨量大一些,随降雨时段的增加而减小,但减幅不大。年雨量与年面雨量的误差程度比次降雨最大时段雨强和次降雨的小,在流域面积 300km<sup>2</sup> 以下一般不超过 10%。因此,在雨沙关系分析中,直接用流域出口站降

雨量与流域出口站的泥沙量建立统计分析关系,会影响其雨沙关系分析的精度和可信度。在允许误差范围内,应考虑流域面积的大小和雨型。

(责任编辑:刘金清 收稿日期:1998-11-10)