

瞬时单位线法在江西省应用的探讨

陈 峰

(江西省水利规划设计研究院, 江西 南昌 330029)

摘 要: 瞬时单位线法在江西省得到广泛应用, 为了在该地区更加合理地使用该方法进行水利工程设计, 选取 27 个集雨面积大于 50km² 且小于 1 000km² 的水文站作为代表站, 通过对比分析各代表站瞬时单位线法和经验适线法计算的设计洪水成果, 对瞬时单位线法在江西省应用的问题进行了研究分析, 提出在利用瞬时单位线法进行工程设计时需综合考虑工程规模、重要性及地理位置等因素. 该成果为瞬时单位线法在江西省地区的应用提供了依据.

关键词: 水利工程; 瞬时单位线法; 经验适线法; 江西省

中图分类号: TV122.3 P349

文献标识码: A

文章编号: 1004-4701(2019)05-0313-07

0 引 言

在 1960 年底, 瞬时单位线理论由纳希^[1]首先发表, 之后引入到我国. 江西省也用该理论方法进行汇流计算, 在江西省水文局编制的《江西省暴雨洪水查算手册》^[2]中, 详细介绍了瞬时单位线法及其参数值, 使得该法在江西省内各类水利水电工程规划设计中得到广泛应用. 《江西省暴雨洪水查算手册》是在研究江西省中小流域实测暴雨洪水的基础上, 经暴雨参数、洪水产汇流参数分析与综合的成果; 在分析计算设计洪水时, 结合江西省具体情况对集雨面积大于 50km² 的流域, 推荐采用瞬时单位线法. 本文选取 27 个集雨面积大于 50km² 且小于 1 000km² 的水文站, 分别采用瞬时单位线法和经验适线法分析计算各水文站设计洪水, 通过对比探讨瞬时单位线法在江西省应用问题.

1 瞬时单位线法

1945 年, 克拉克首次提出了瞬时单位线的概念.

1957~1960 年, 纳希发展了克拉克瞬时单位线的概念, 建立了纳希梯级水库模型^[3]. 瞬时单位线是指流域上分布均匀、历时趋于无穷小、强度趋于无穷大、总量为一个单位的地面净雨在流域出口断面形成的地面径流过程线^[4]. 瞬时单位线方程式如下:

$$u(0, t) = \frac{1}{K\Gamma(n)} \left(\frac{t}{K}\right)^{n-1} e^{-\frac{t}{K}} \quad (1)$$

式中: $u(0, t)$ 为单位线的纵高; t 为时间; Γ 为伽玛函数; n 为反映流域调蓄能力的参数, 相当于线性水库的个数或水库的调节次数; K 为线性水库蓄泄系数, 相当于流域汇流时间的参数, 具有时间因次; e 为自然常数.

由式(1)可知, 求某一流域的瞬时单位线实际是推求该流域的 n 、 K 值. 在《江西省暴雨洪水查算手册》中, 参数 n 由 $n \sim F$ 关系表(见表 1)确定, F 为集雨面积; 参数 K 由公式 $m_1 = nK = AI^{-\beta}$ 反算求得, 式中 m_1 为单位线洪峰滞时揭示流域汇流本质的参数, I 为降雨强度, A 和 β 为单站综合参数. 江西省共划分 9 个流域分区, 分区基本情况见表 2 和图 2, 各分区 m_1 计算公式见表 2.

表1 $n \sim F$ 关系表

F/km^2	<10	10~200	200~1000
n	1.5	2.0	3.0

表2 参数 m_2 计算公式表

分区	应用地区	经验公式
I	赣江水系: 廉水、湘水、平江、桃江 珠江水系: 江西辖区	$m_1 = nK = 2.289 (F/J)^{0.262} (J/10)^{0.0731g(F/J) - 0.371}$
II	赣江水系: 遂川江、章水	$m_1 = nK = 1.874 (F/J)^{0.270} (J/10)^{0.04571g(F/J) - 0.302}$
III	乌江、孤江、蜀水、禾水、泸水及相连的赣江部分	$m_1 = nK = 5.624 (F/J)^{0.143} (J/10)^{0.13481g(F/J) - 0.500}$
IV	赣江水系: 袁水、锦江 洞庭湖湘江水系: 江西辖区	$m_1 = nK = 3.470 (F/J)^{0.227} (J/10)^{0.0391g(F/J) - 0.302}$
V	抚河水系	$m_1 = nK = 2.324 (F/J)^{0.303} (J/10)^{0.08101g(F/J) - 0.374}$
VI	信江水系	$m_1 = nK = 3.524 (F/J)^{0.237} (J/10)^{0.0341g(F/J) - 0.292}$
VII	饶河水系: 乐安河、昌江	$m_1 = nK = 3.950 (F/J)^{0.209} (J/10)^{0.0451g(F/J) - 0.315}$
VIII	修水水系	$m_1 = nK = 3.421 (F/J)^{0.158} (J/10)^{0.04311g(F/J) - 0.345}$
IX	外洲、李家渡、梅港、石镇街、永修站以下至湖口区间和长江中下游江西辖区	$m_1 = nK = 2.915 (F/J)^{0.191} (J/10)^{0.0461g(F/J) - 0.330}$

注: 式中河道比降 J 以千分率(‰)表示。

2 经验适线法

在洪水频率计算中, 我国规范统一规定采用适线法。经验适线法(又称目估适线法)是在经验频率点据和频率曲线线型确定后, 通过调整参数使曲线与经验频率点据配合得最好, 此时的参数就是所求的曲线线型的参数, 从而得到计算设计洪水值。适线法的原则是尽量照顾点群的趋势, 使曲线通过点群中心。

根据水文站实测洪水资料系列, 加入历史洪水资料, 形成不连续洪水系列, 然后采用经验适线法进行频率分析计算, 适线线型选用 P-III 型曲线。

3 设计洪水计算

3.1 代表站的选取

根据江西省水文站网分布, 集雨面积大于 50km^2

且小于 1000km^2 的水文站共有 36 个。《水利水电工程设计洪水计算规范》(SL44) 规定, 在洪水频率计算中测站应具有 30 年以上实测流量资料。由此筛选出 27 个资料系列满足规范要求的水文站作为代表站, 各代表站基本情况见表 3。

在 27 个代表站中, 坳下坪站集雨面积最小, 为 105km^2 ; 林坑站集雨面积最大, 为 994km^2 ; 对应全省 9 个流域分区, 每个分区有 2~5 个代表站, III 分区代表站最多(5 个), VI、VIII 及 IX 分区代表站最少(2 个)。

3.2 瞬时单位线法计算设计洪水

瞬时单位线法所需参数分为流域参数和暴雨参数。流域参数包括集雨面积 F 、主河道长 L 和主河道比降 J ; 暴雨参数包括暴雨均值 P 、变差系数 C_v 和偏差系数 $C_s = 3.5C_v$ 。各代表站的流域参数直接采用《江西省暴雨洪水查算手册》中的成果; 暴雨参数根据其流域中心位置, 查《江西省暴雨洪水查算手册》中相关附图可得到。各代表站流域参数和暴雨参数见表 3。

根据代表站的流域参数和暴雨参数,采用《江西省暴雨洪水查算手册》中的瞬时单位线计算公式,计算各代表站设计洪水,其结果见表 4。

3.3 经验适线法计算设计洪水

广泛收集代表站洪水资料,包括实测洪水资料 and

历史洪水资料。各代表站实测洪水资料系列均在 30 年以上,历史洪水资料摘自《江西省洪水调查资料》^[5]。

根据代表站实测洪水资料系列,加入历史洪水资料,形成不连续洪水系列,采用经验适线法进行频率分析计算,其结果见表 4。

表 3 代表站流域参数、暴雨参数及洪水资料系列表

站名	分区	F /km ²	L /km	J /‰	起讫年及年限/年		历史洪水			暴雨均值/mm				C _v			
					起讫年	年限	年份	Q _m / (m ³ /s)	重现期 /年	1h	6h	24h	72h	1h	6h	24h	72h
羊信江	I	569	60.0	2.66	1958~2017	60	/	/	/	47	68	110	149	0.27	0.45	0.42	0.40
窑邦	I	350	58.0	3.14	1959~1997	39	1954	733	64	43	72	110	145	0.42	0.47	0.38	0.40
杜头	I	435	57.0	3.72	1958~2017	60	1945	986	73	43	71	111	148	0.39	0.47	0.42	0.45
胜前	I	758	68.6	3.57	1976~2017	42	/	/	/	43	71	113	149	0.38	0.44	0.51	0.47
安和	II	246	41.2	5.80	1977~2017	41	1894	881	124	50	70	106	140	0.36	0.45	0.45	0.45
坳下坪	II	105	17.8	20.50	1976~2017	42	/	/	/	41	67	105	135	0.29	0.51	0.53	0.54
滁州	II	289	43.0	15.20	1958~2017	60	/	/	/	45	67	105	152	0.30	0.48	0.45	0.54
林坑	III	994	100	4.50	1957~2017	61	1884	2 680	134	46	65	100	134	0.35	0.43	0.39	0.35
千坊	III	390	43.0	6.47	1958~2017	60	1826	2 240	192	42	80	115	151	0.38	0.53	0.47	0.52
彭坊	III	122	34.1	7.60	1978~2017	40	/	/	/	44	65	108	140	0.38	0.50	0.47	0.47
寨头	III	230	34.0	4.14	1957~2007	51	1912	916	106	46	83	128	170	0.36	0.47	0.47	0.44
鹤州	III	374	19.6	3.50	1959~2003	45	1937	978	81	39	68	107	139	0.44	0.42	0.42	0.36
芦溪	IV	331	34.0	10.60	1958~2017	60	1895	1 130	123	42	69	108	143	0.41	0.49	0.48	0.39
土库	IV	154	30.9	10.60	1980~2017	38	/	/	/	41	67	110	146	0.42	0.38	0.45	0.42
危坊	IV	991	74.0	4.31	1957~2017	61	1942	2 090	76	43	75	118	154	0.38	0.45	0.43	0.43
双田	V	261	32.0	4.58	1958~2017	60	1961	496	106	45	78	122	172	0.41	0.41	0.48	0.47
马圩	V	583	60.2	0.42	1979~2017	39	/	/	/	41	74	113	169	0.40	0.48	0.46	0.57
茆头	V	623	46.0	1.31	1957~2017	61	1876	2 400	142	46	79	132	171	0.38	0.45	0.46	0.44
铁路坪	VI	311	54.0	9.65	1964~2017	54	1942	1 320	110	41	74	125	171	0.35	0.43	0.41	0.42
柏泉	VI	562	52.0	5.79	1958~2017	60	1922	1 590	96	45	73	123	181	0.39	0.50	0.55	0.50
深渡	VII	464	48.0	3.39	1958~2017	60	1916	2 410	102	45	90	140	190	0.30	0.37	0.34	0.45
汪口	VII	588	49.0	4.25	1967~2017	51	1908	2 690	190	44	84	147	203	0.37	0.36	0.41	0.45
银山	VII	469	54.0	3.40	1966~2017	52	/	/	/	41	86	142	200	0.42	0.47	0.43	0.45
杨树坪	VIII	342	48.0	4.43	1958~2004	47	1901	2 300	117	44	78	122	159	0.35	0.50	0.42	0.46
罗溪	VIII	253	42.0	12.20	1963~2017	55	1934	2 130	84	41	70	114	150	0.46	0.46	0.50	0.51
石门街	IX	841	69.4	1.64	1960~2017	58	/	/	/	43	82	130	165	0.34	0.48	0.45	0.44
梓坊	IX	626	62.0	1.61	1957~2017	61	1955	1 400	121	43	68	105	148	0.39	0.41	0.45	0.50

表4 代表站设计洪水成果表

站名	瞬时单位线法设计值/(m ³ /s)			经验适线法设计值/(m ³ /s)			瞬时单位线法/经验适线法/%		
	P=2%	P=5%	P=10%	P=2%	P=5%	P=10%	P=2%	P=5%	P=10%
羊信江	2 480	1 980	1 600	980	796	655	253	249	244
窑邦	1 930	1 560	1 260	727	590	486	265	264	259
杜头	2 330	1 880	1 560	1 030	805	638	226	234	245
胜前	3 530	2 800	2 230	1 500	1 250	1 060	235	224	210
安和	1 440	1 200	1 000	695	530	407	207	226	246
坳下坪	1 040	830	701	403	322	259	258	258	271
滁州	2 200	1 670	1 380	799	666	561	275	251	246
林坑	2 770	2 240	1 830	2 100	1 630	1 280	132	137	143
千坊*	2 210	1 710	1 320	1 210	894	666	183	191	198
彭坊	621	489	385	448	342	263	139	143	146
寨头	1 360	1 070	845	753	572	438	181	187	193
鹤州	1 320	1 070	872	839	629	476	157	170	183
芦溪*	1 840	1 420	1 090	1 040	824	661	177	172	165
土库	745	606	490	382	327	283	195	185	173
危坊*	3 570	2 840	2 270	1 940	1 550	1 260	184	183	180
双田*	1 620	1 320	1 090	775	597	466	209	221	234
马圩	1 720	1 370	1 120	856	660	515	201	208	217
茆头	2 310	1 880	1 560	1 790	1 300	954	129	145	164
铁路坪	1 740	1 470	1 210	1 170	951	785	149	155	154
柏泉	2 880	2 260	1 790	1 530	1 260	1 060	188	179	169
深渡	2 080	1 710	1 480	2 030	1 550	1 190	102	110	124
汪口*	2 680	2 270	1 920	2 280	1 830	1 480	118	124	130
银山	2 460	1 980	1 610	1 620	1 310	1 080	152	151	149
杨树坪	2 250	1 880	1 550	1 840	1 400	1 070	122	134	145
罗溪	1 720	1 310	1 110	1 720	1 170	774	100	112	143
石门街	4 350	3 560	2 870	2 120	1 750	1 460	205	203	197
梓坊	2 680	2 240	1 820	1 200	970	792	223	231	230
最大值							275	264	271
最小值							100	110	124

注:表中带*代表站的经验适线法设计值与《江西省五河治理防洪工程可行性研究报告》^[9]成果一致。

3.4 计算结果对比分析

由表4可知,各代表站瞬时单位线法计算结果基本比经验适线法计算结果大,瞬时单位线法与经验适线法的比值在100%~275%之间。

由图1可知,I区和II区比值最大,其次为IX区、

V区和IV区,再次为III区和VI区,VII区和VIII区比值最小。不同分区各代表站比值随频率的变化趋势基本一致,I区、IV区和VI区代表站比值随频率减小,II区、III区和V区代表站比值随频率增大,VII区和VIII区代表站比值随频率收缩,IX区代表站比值随频率扩大。

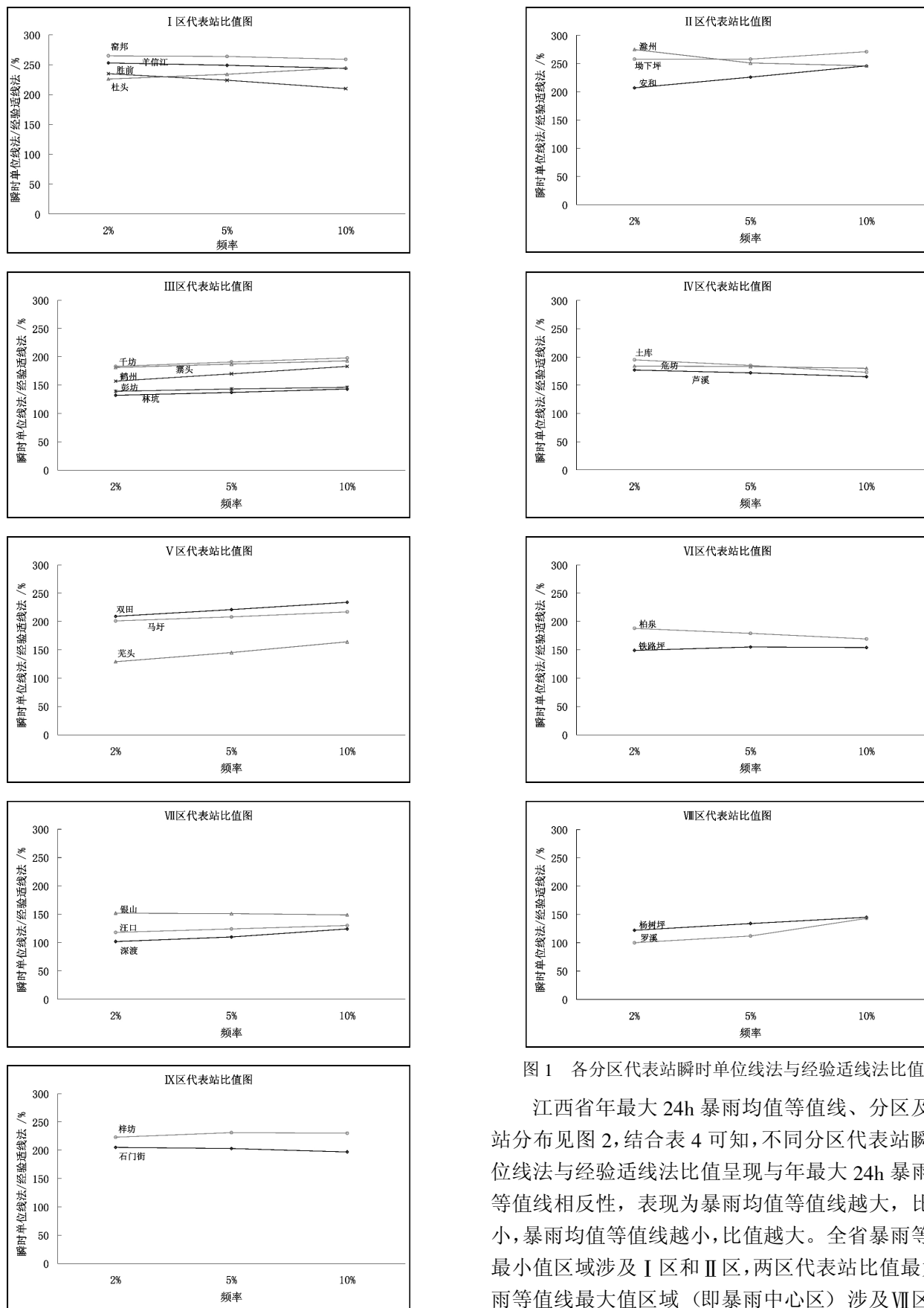


图 1 各分区代表站瞬时单位线法与经验适线法比值图

江西省年最大 24h 暴雨均值等值线、分区及代表站分布见图 2, 结合表 4 可知, 不同分区代表站瞬时单位线法与经验适线法比值呈现与年最大 24h 暴雨均值等值线相反性, 表现为暴雨均值等值线越大, 比值越小, 暴雨均值等值线越小, 比值越大。全省暴雨等值线最小值区域涉及 I 区和 II 区, 两区代表站比值最大; 暴雨等值线最大值区域 (即暴雨中心区) 涉及 VII 区和 VIII

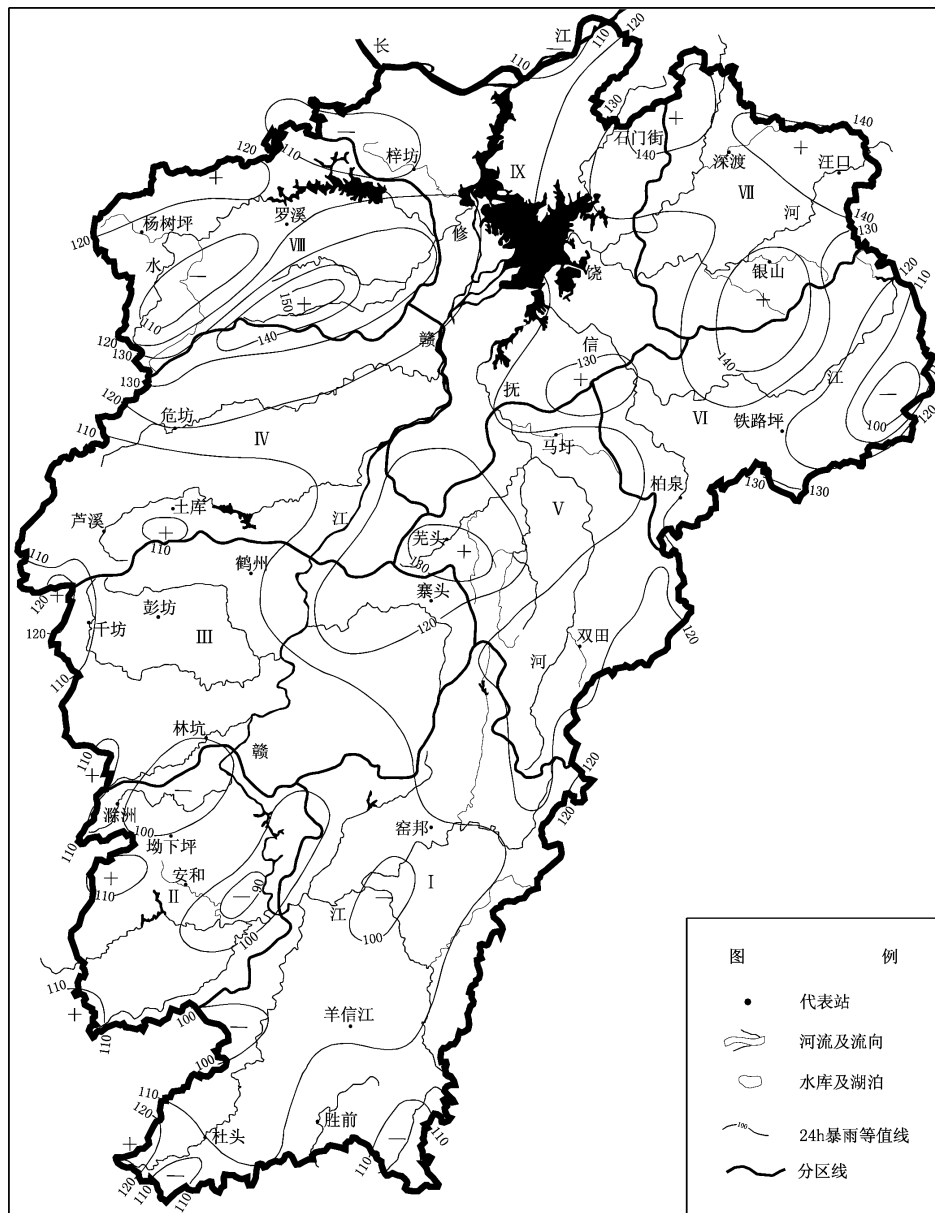


图2 江西省年最大24h暴雨均值等值线、分区及代表站分布图

区,两区代表站比值最小。27个代表站中比值最小的是深渡站,该站位于Ⅶ区,处于年最大24h暴雨均值等值线140mm;比值最大的有窑邦站、坵下坪站和滁洲站,三站位于Ⅰ区和Ⅱ区,处于年最大24h暴雨均值等值线100~110mm之间。

4 结论与建议

本文通过对全省27个水文代表站瞬时单位线法

和经验适线法计算求得的设计洪水进行研究分析,得出以下结论与建议:

(1) 瞬时单位线法计算结果较经验适线法计算结果要大;

(2) 全省9分区中,Ⅰ区和Ⅱ区代表站瞬时单位线法与经验适线法比值最大,其次为Ⅸ区、Ⅴ区和Ⅳ区,再次为Ⅲ区和Ⅵ区,Ⅶ区和Ⅷ区比值最小;且不同分区各代表站比值随频率的变化趋势基本一致;

(3) 不同分区代表站瞬时单位线法与经验适线法

比值呈现与年最大24h暴雨均值等值线相反的特性,暴雨均值等值线越大,比值越小,暴雨均值等值线越小,比值越大;

(4) 建议在设计应用瞬时单位线法进行工程设计时,需综合考虑工程规模、重要性及地理位置等因素。

参考文献:

- [1] Nsh J E. Proceedings Institution of Civil Engineers[M], Vol. 17 No5, 1960: 249~282.
- [2] 江西省水文局. 江西省暴雨洪水查算手册[M]. 2010, 10.
- [3] 王国安, 贺顺德, 李超群, 等. 论广东省综合单位线的基本原理和适用条件[J]. 人民黄河, 2011, 33(3): 15~18.
- [4] 詹道江, 叶守泽. 工程水文学[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000.
- [5] 江西省水电厅. 江西省洪水调查资料[M]. 1983, 11.
- [6] 江西省水利规划设计院. 江西省五河治理防洪工程可行性研究报告[R]. 2013, 5.

编辑: 张绍付

Discussion on the application of instantaneous unit line method in Jiangxi province

CHEN Feng

(Jiangxi Provincial Design & Research Institute Of Water Conservancy & Planning, Nanchang 330029, China)

Abstract: The instantaneous unit line method has been widely used in Jiangxi province. In order to use the method more rationally in the area for the design of water conservancy projects, 27 hydrographic stations with rain collection areas greater than 50 km² and less than 1,000 km² were selected as representative stations. By comparing and analyzing the design flood of the instantaneous unit line method and the objective estimate line method of each representative station, studied and analyzed the application of the instantaneous unit line method in Jiangxi province. In this paper, it is proposed that the factors of scale, importance and geographical location should be considered in engineering design. The results provide a basis for the application of instantaneous unit line method in Jiangxi province.

Key words: Water conservancy project; Instantaneous unit line method; Empirical line method; Jiangxi province

翻译: 陈峰