

基于洪灾发生频率的辽宁省汛期分期研究^{*}

梁凤国^{1,2}, 刘和平², 万金红^{3,4}

(1. 河海大学 水文水资源学院, 江苏 南京 210098 2. 辽宁省水文水资源勘测局, 辽宁 沈阳 110003;
3. 中国水利水电科学研究院水利史研究所, 北京 100048; 4. 水利部防汛抗旱减灾工程技术研究中心, 北京 100048)

摘 要:以辽宁省近55年(1956–2010年)历史洪涝灾害为研究对象,依据洪涝灾害在年内各时段的发生频率,进行汛期划分。从55年的洪灾资料中共摘录洪灾44次,其中一般灾害27次,严重灾害17次。根据各候一般灾害和严重灾害次数,确定辽宁省汛期为6月1日–9月5日,主汛期为7月11日–8月20日。55年的洪涝灾害统计表明,汛期一般洪灾和严重洪灾所占比例达到100%,主汛期严重灾害比例达到100%,一般洪灾比例达到70.4%。汛期降水和径流占全年60%以上,主汛期占全年30%~40%。与辽宁省主要流域代表性水文站点降水和径流汛期分期结果的对比分析表明,洪涝灾害的发生时间、频率、等级能够反映降水和径流的年内变化特征,重大灾害的出现与主汛期的出现具有同步性。

关键词:汛期分期;主汛期;历史洪灾;洪灾频率;辽宁省

中图分类号: P333; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2013)03–0073–06

汛期(flood season)指江河、湖泊洪水在一年中明显集中出现,容易形成洪涝灾害的时期^[1]。我国季风气候显著,绝大部分降水集中在夏季风盛行时期^[2],故伏汛和秋汛极易形成大洪水,一般所谓汛期也主要指伏秋大汛。汛期分期(将汛期划分为前汛期、主汛期、后汛期)在季节性径流预报、流域防洪、洪泛区管理以及水利工程运行调度中有许多实际应用^[3]。汛期分期受天气系统、下垫面条件等综合因素的影响,是一个多指标划分问题^[4]。通常情况下,汛期分期的研究对象多为降水量和河道径流量,根据一定的原则和方法,将降水量或径流量的年内变化过程分为几个阶段,作为汛期和主汛期^[5–8],常用的方法有模糊集合法^[9]、分形法^[10]、矢量统计法^[11]、变点分析法^[12]、Fisher最优分割法^[13]等。这些方法均存在主观性较大、计算繁琐等问题^[14]。

莫建飞等^[15]曾采用暴雨强度和暴雨频次作为广西农业暴雨洪涝灾害致灾因子危险性的表征;同样,辽宁省位于大陆性季风气候区,雨季的暴雨是产生洪涝灾害的主要原因^[16]。因此,反过来,洪涝灾害的发生时间能够反映汛期的起止时间。本文以历史洪涝灾害为研究对象,分析其在年内各时段的发生频率,在此基础上确定辽宁省的汛

期和主汛期,并利用水文资料对所得到的汛期分期结果进行合理性分析。

1 材料与方法

1.1 历史洪灾资料

1.1.1 资料来源

本文采用的历史洪涝灾害记录主要来自《东北区水旱灾害》^[17]、《辽宁省志·水利志》^[18]和《辽宁省防汛水情手册》^[19]。本着资料完整性、连续性、代表性的原则,从上述资料中选取1956–2010年间的洪涝灾害事件进行有关统计、分析。

1.1.2 洪涝灾害等级标准

《东北区水旱灾害》^[17]中考虑东北地区的实际情况和资料条件,将洪涝灾害分历史时期(1746–1950年)和新中国成立后(1951–1990年)两个时期整理,并依据有关文献中对水灾描述的常用词语,将历史时期洪涝灾害分为严重洪涝和一般洪涝等2级;依据受灾面积率(受灾面积/播种面积)、夏季(6–9月份)降雨距平、代表站年最大洪峰流量重现期等3项指标,将新中国成立后的洪涝灾害

^{*} 收稿日期:2012–11–26 修回日期:2013–01–05

基金项目:水利部公益性行业科研专项经费项目(201101061)

作者简介:梁凤国(1968–),男,辽宁大连人,教授级高工,主要从事水文情报预报、水文水资源研究。E-mail: lfg676@163.com

划分为特大洪灾、严重洪灾、一般洪灾等 3 级。《辽宁省志, 水利志》^[18] 将洪灾分为重大灾情和一般灾情, 灾情划分原则没有明确说明。《辽宁省防汛水情手册》^[19] 中没有对洪灾划分等级。

目前水利行业将洪涝灾情分为四级^[20-21], 但是根据历史文献描述很难确切划分为四级; 因此, 本文在文献[17]中提出的分级标准的基础上, 将摘录的洪涝灾害统一分为严重洪灾和一般洪灾 2 级, 具体的分级标准见表 1 和表 2, 根据洪灾资料所提供信息详细程度的不同, 参照不同的表。若资料中对灾情多为文字描述, 则参照表 1, 若资料中提供了受灾面积率、6-9 月降雨距平、洪峰流量重现期等指标, 则参照表 2。

表 1 根据灾情描述词语的洪涝灾害等级划分标准

洪涝灾害等级	描述用语
严重洪涝灾害	阴雨连绵, 大雨如注几昼夜, 山水陡发, 江河泛滥, 横流漫溢, 尽成泽国, 淹没田庐无数, 人畜漂溺, 大雨水贯城, 灾情甚重, 被赈免租赋钱粮等。是时间长、范围广的稀遇大洪涝灾
一般洪涝灾害	连日大雨, 山水陡发, 河水漫溢, 两岸水深数尺, 缓贷钱谷等。一般为淹没较大的局部暴雨洪涝灾

表 2 根据受灾面积率、6-9 月降雨距平、洪峰流量重现期等的洪涝灾害等级划分标准

指标	严重洪灾	一般洪灾
受灾面积率 $\alpha/\%$	>15	5 ~ 15
6-9 月降雨距平 $\Delta/\%$	>15	5 ~ 15
洪峰流量的重现期 $T/\text{年}$	>10	5 ~ 10

1.1.3 洪灾次数及发生时间统计原则

本研究对一次洪涝灾害的界定为: 一年中不同流域且不同时期发生的洪灾视为不同的洪灾, 否则视为一次洪灾。根据上述原则, 即使同一场降水造成的洪灾, 若发生在不同的流域或地区, 仍视为一次洪灾; 同一流域或地区在一年中的不同时期发生了洪灾, 该流域或地区仍按一次洪灾统计, 取等级最高者; 只有不同时间、不同流域或地区发生的灾害才算做两次。

各次灾害发生时间的统计精确到候。对于洪灾时间描述不确切或不一致的, 查阅辽宁省水文年鉴中有关的降水量和河道径流资料, 以更准确地确定洪灾时间。对于少数仅有年份、没有具体时间记载的洪灾, 不参加统计。

根据上述原则和方法, 逐年摘录、整理洪灾次数及历次洪灾的等级、发生时间。对历年洪灾资料整理完成后, 统计各候、不同等级的洪涝灾害发生次数及频率, 从而综合分析, 确定辽宁省汛期和主汛期时间段。

1.2 水文资料

根据辽宁省水文整编资料, 选择不同地区主要河流水文站的径流和降水量资料(表 3), 验证汛期分期结果的合理性。其中大凌河位于辽宁西部沿渤海地区; 辽河和浑河在辽宁中北部和下辽河平原地区; 爱河为鸭绿江支流, 代表东部黄海沿岸地区。根据各站的资料系列, 计算多年平均的逐日降水量和径流量, 分析其年内变化过程, 对本文汛期分期结果进行合理性检验。

表 3 辽宁省主要流域代表性水文站基本信息及资料年限

水文站	所在河流	流域面积/ km^2	资料年限	
			降水量	径流
义县	大凌河	23 263	1956-2010	1956-2010
铁岭	辽河	41 836 *	1956-2010	1956-2010
沈阳	浑河	11 481	1956-2010	1958-2010
梨树沟	爱河	5 902	1956-2010	1957-2010

* 注: 辽宁省境内面积, 不含浑河、太子河流域。

2 灾害次数统计及汛期划分

根据上述原则和方法, 整理了记载详细、年份连续的 55 年(1956-2010 年)来的历史洪灾资料, 分为严重洪灾和一般洪灾 2 级, 并按候统计各次灾害发生时间, 整理结果见表 4。辽宁省洪涝灾害频繁, 在 55 年(1956-2010 年)里, 有明确时间记载的洪灾有 44 次, 其中严重洪灾 17 次, 平均 3.2 年发生一次, 一般洪灾 27 次, 平均 2 年发生一次。

各个时段内的严重洪灾和一般洪灾次数柱状图表明(图 1), 一般洪灾的发生时间集中于 6-9 月份, 最早和最晚的洪灾均发生在 1956 年, 分别为 6 月 1 日至 5 日和 9 月 1 日至 5 日; 严重洪灾的发生时间集中在 7 月 11 日至 8 月 20 日, 其他时段没有严重洪灾发生; 综合考察一般洪灾和严重洪灾, 各等级洪灾集中的时间段也是在 7 月 11 日-8 月 20 日。姚俊英等^[22]研究表明, 黑龙江省暴雨洪涝灾害主要发生在 5-9 月份, 6-8 月份最为集中, 7 月份损失最大, 与本文结果相似, 但其是以月为单位。

表 4 1956 – 2010 年洪灾次数统计表

统计时段	洪灾年份		洪灾次数	
	严重洪灾	一般洪灾	严重洪灾	一般洪灾
6 月	1 – 5 日	1956	0	1
	6 – 10 日		0	0
	11 – 15 日	1984	0	1
	16 – 20 日		0	0
	21 – 25 日	1960、1979	0	2
	26 – 30 日		0	0
7 月	1 – 5 日		0	0
	6 – 10 日	1990	0	1
	11 – 15 日	1994	1	0
	16 – 20 日	1963 1973、1981、1989、1991	1	4
	21 – 25 日	1962 1959、2010	1	2
	26 – 30 日	1964、1975、1981、1995、2010 1956、1966、1977	5	3
8 月	1 – 5 日	1960、1985、1986 1958、1971、1977、2010	3	4
	6 – 10 日	1962、1994 1982、1984、1995	2	3
	11 – 15 日	1964、1969、2005 1984	3	1
	16 – 20 日	2010 1987、1994	1	2
	21 – 25 日		0	1
	26 – 30 日		0	1
9 月	1 – 5 日	1956	0	1
合计	次数		17	27
	占总数的比例/%		38.6	61.4

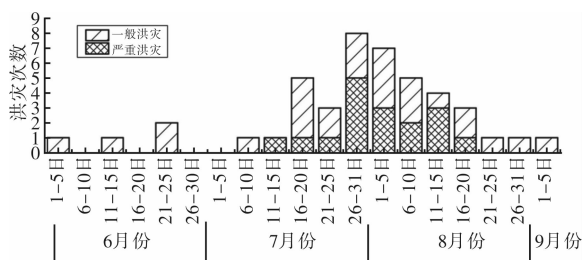


图 1 1956 – 2010 年洪灾次数分布图

辽宁省的洪涝灾害主要由季风降雨引发^[16]，因此洪灾的发生频率及严重程度能够反映暴雨洪水的频率和大小。基于不同等级洪涝灾害的时间分布，确定辽宁省汛期为6月1日–9月5日，共97天，主汛期为7月11日–8月20日，共41d。对1956–2010年历次洪灾发生时间的统计表明（表5），在汛期，一般洪灾和严重洪灾所占比例达到100%；在主汛期，严重灾害比例达到100%，一般洪灾比例达到70.4%，各等级洪灾总次数所占比例达到80%以上。

3 合理性分析

辽宁省位于中纬度地区，地处亚洲东部沿海

和太平洋西北岸，属温带半湿润和半干旱的季风气候区，四季分明，雨热同季。雨季来临的时节，即预示着汛期的开始，雨季的开始常伴有洪涝灾害的发生。7、8月份太平洋副热带高压加强，高空西风槽、低涡特别活跃，地面低压锋系出现频繁，常形成大暴雨过程，容易形成较大的洪涝灾害。因此，根据历史灾害发生时间及相对频率来确定汛期和主汛期是合理的。

为了验证本文汛期划分结果是否符合辽宁省降水和河道径流的年内变化规律，图2中给出了辽宁省部分主要河流代表性水文站的多年平均逐日降水量及径流过程，图上同时标出了本文确定的汛期（红色线）和主汛期（紫色线）范围。本文进一步采用Fisher最优分割法^[13]对上述4个站点的多年平均日降水量和径流量系列进行汛期、主汛期划分，结果见表6。根据降水量划分的汛期开始时间与本文结果较为一致，大约在5月底6月初，结束时间晚于本文，在9月下旬。根据径流划分的汛期开始时间晚于本文，多在6月下旬至7月上旬，结束时间与本文较一致。如图2所示，在6月初，降水量开始增加，但由于此时土壤前期含水量较低，降雨入渗较大，河道径流量上涨时间要滞后

表 5 1956 – 2010 年洪涝灾害汛期和主汛期分布比例

洪灾等级	6 月 1 日 – 9 月 5 日 (汛期) 洪灾		7 月 11 日 – 8 月 20 日 (主汛期) 洪灾	
	洪灾次数	占相应等级比例/%	洪灾次数	占相应等级比例/%
严重洪灾	17	100	17	100.0
一般洪灾	27	100	19	70.4
总次数	44	100	36	81.8

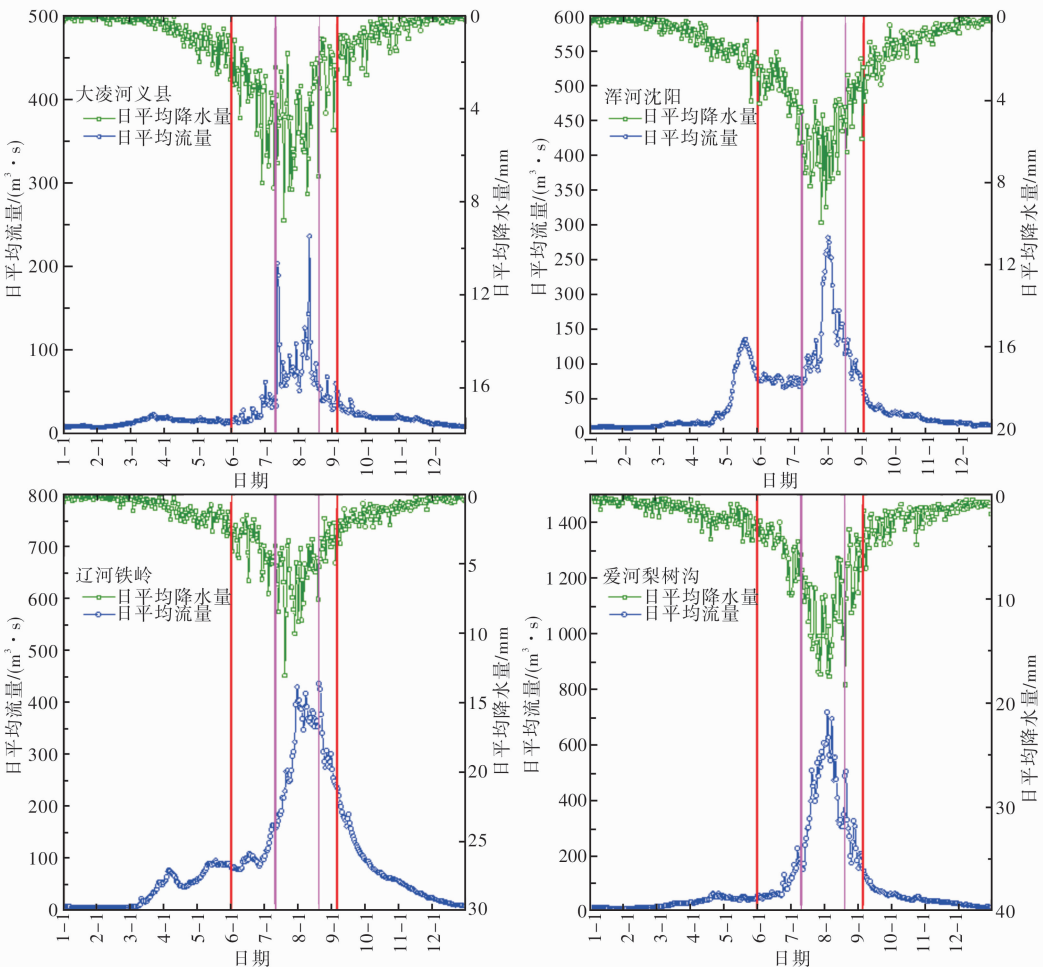


图 2 辽宁省不同地区代表性雨量站多年平均逐日降水量

于降水，故根据径流划分的汛期开始时间较晚，但此时若发生强降水，也会可能会造成山洪灾害，因此，本文根据洪灾频率，以 6 月 1 日为汛期开始时间有其合理性。到了 9 月初，虽然降水量与入汛时相当，但此时气温开始降低，西太平洋副高开始南撤，强对流天气减少，出现暴雨的机会减少，且河道径流也逐渐趋于稳定，故发生洪涝灾害灾害的机会大为降低，汛期基本结束。

利用 Fisher 最优分割法根据降水量划分的主汛期与本文结果较为一致，大约开始于 7 月上旬，结束于 8 月中旬，而根据径流的划分结果与本文有一定差别，开始较晚，多在 7 月中下旬，结束时间各站差异也较大，义县站和梨树沟站为 8 月上旬，铁岭站推迟到 9 月 1 日，沈阳站在 8 月 24 日。由于

流域下垫面条件、流域面积、地形、水利工程等因素的影响，可能导致了河道径流主汛期与降水量主汛期的不一致。洪涝灾害不仅包含河道洪水，还包含由暴雨引发的内涝、山洪泥石流等，本文按洪涝灾害划分主汛期，综合体现了更能体现河道洪水、内涝、山洪泥石流等多种因素，对防汛抗旱更有现实意义。

表 7 中计算了汛期和主汛期的降水量和径流量占全年的比例，结果表明，整个汛期虽然只有 97 d，占全年天数的 1/4，但降水量占全年的比例在 56% ~ 72%，平均 65%，主汛期 41 d，仅占全年天数的 1/10，降水量却占全年降水量在 18% ~ 37%，平均 33%，主汛期天数约为整个汛期的 2/5，降水量却占到一半。对于径流，汛期占全年的

表 6 基于 Fisher 最优分割法的代表站点降水量、径流汛期分期

站点	汛期		主汛期	
	降水量	径流	降水量	径流
大凌河义县	5 月 15 日 - 9 月 20 日	6 月 29 日 - 9 月 8 日	6 月 28 日 - 8 月 13 日	7 月 13 日 - 8 月 11 日
辽河铁岭	5 月 31 日 - 9 月 28 日	7 月 7 日 - 9 月 25 日	6 月 29 日 - 8 月 21 日	7 月 27 日 - 9 月 1 日
浑河沈阳	6 月 2 日 - 9 月 23 日	5 月 28 日 - 9 月 7 日	7 月 7 日 - 8 月 21 日	7 月 30 日 - 8 月 24 日
爱河梨树沟	5 月 27 日 - 9 月 11 日	7 月 2 日 - 9 月 5 日	7 月 13 日 - 8 月 21 日	7 月 20 日 - 8 月 13 日

比例与降水相当, 平均 63%, 主汛期占全的比例比降水略高, 平均到达 40%, 而主汛期占汛期的比例明显高于降水, 达到 64%。说明汛期降水和径流在全年高度集中, 主汛期又集中了汛期中一半以上的降水和径流, 因此汛期和主汛期是防汛救灾和水资源管理调度的关键时期。

表 7 汛期、主汛期降水量和径流分配比例

		(汛期/ 全年)/%	(主汛期/ 全年)/%	(主汛期/ 汛期)/%
降水量	义县	71.7	37.1	51.7
	铁岭	66.0	36.4	55.2
	沈阳	56.8	17.9	31.5
	梨树沟	64.3	39.0	60.6
	平均	64.7	32.6	49.8
径流	义县	56.0	37.8	67.5
	铁岭	62.1	36.8	59.3
	沈阳	60.8	34.9	57.4
	梨树沟	73.6	52.0	70.6
	平均	63.1	40.4	63.7

尽管本方法需要大量较为详细的历史洪涝灾害资料, 且整理资料的工作量也较大, 但传统的采用降水量或河道径流作为研究对象的汛期分期相比, 本方法避免了计算复杂等问题, 分期方法更为简洁、直接, 具有较强的现实意义, 不失为一类较为有效的汛期分期分析方法。

需要指出的是, 暴雨洪水是自然现象, 洪涝灾害是自然与人类活动相互影响的产物^[16]。一方面, 随着人口的增加, 人类活动向沿江、沿河地带集中, 有可能增加洪涝灾害的发生; 另一方面, 由于近年来大型控制性水利工程的修建以及中小河流治理, 常出现大水无大灾的情况。因此, 利用本文方法确定汛期分期, 洪涝灾害资料年代的选择要具有代表性, 必要时需要利用相应的降水、径流资料进行修正, 以保证汛期分期结果合理。此外, 辽宁省季风气候显著, 暴雨集中出现在 6 - 9 月份, 尤以 7、8 月份最多^[16], 故洪涝灾害与汛期关系显著。在其他气候区, 利用本文方法进行汛期分期的适用性有待进一步验证。

4 结论与讨论

对 1956 - 2010 年历史洪涝灾害资料进行摘录和统计, 确定洪灾总数 44 次, 其中一般灾害 27 次, 严重灾害 17 次。根据各候一般灾害和严重灾害的发生次数, 确定辽宁省汛期为 6 月 1 日 - 9 月 5 日, 主汛期为 7 月 11 日 - 8 月 20 日。汛期一般洪灾和严重洪灾所占比例达到 100%; 主汛期严重灾害比例达到 100%, 一般洪灾比例达到 70.4%, 两者合计达到 80% 以上。汛期降水和径流占全年 60% 以上, 主汛期占全年 30% ~ 40%。

根据辽宁省汛期的大气环流成因, 由洪灾的发生时间和频率确定汛期分期是合理的。进一步与辽宁省主要流域代表性水文站点降水和径流汛期分期结果进行对比分析, 表明洪涝灾害的发生时间、频率、等级能够反映降水和径流的年内变化特征, 重大灾害的出现与主汛期的出现具有同步性, 本文方法可以得到较合理的汛期分期结果。

参考文献:

- [1] 《中国水利百科全书》第二版编辑委员会, 中国水利水电出版社. 中国水利百科全书(第三卷)[M]. 2 版. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [2] 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会. 中国自然地理总论[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [3] Cunderlik J M, Ouarda T B M J, Bobée B. Determination of flood seasonality from hydrological records[J]. Hydrological Sciences, 2004, 49(3): 511 - 526.
- [4] 王双银, 杨筱筱. 基于相关系数和 Fisher 最优分割法的汛期分期研究[J]. 水文, 2011, 31(4): 1 - 5.
- [5] 王琳莉, 陈星. 一种新的汛期降水集中期划分方法[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(3): 352 - 355.
- [6] 强学民, 杨修群. 华南前汛期开始和结束日期的划分[J]. 地球物理学报, 2008, 51(5): 1333 - 1345.
- [7] 方崇惠, 郭生练, 段亚辉, 等. 应用分形理论划分洪水分期的两种新途径[J]. 科学通报, 2009, 54(11): 1613 - 1617.
- [8] 郭霞, 王正中, 王双银. 基于相关分析的流域汛期划分初探[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2010, 38(3):

- 207–210, 217.
- [9] 冯平, 徐向广, 李海. 基于模糊集合分析的汛期分期方法及其应用[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(3): 495–499.
- [10] 方崇惠, 雒文生. 分形理论在洪水分期研究中的应用[J]. 水利水电科技进展, 2005, 25(6): 9–13.
- [11] Parajka J, Kohnová S, Bálint G, et al. Seasonal characteristics of flood regimes across the Alpine—Carpathian range[J]. Journal of Hydrology, 2010, 394: 78–89.
- [12] 刘攀, 郭生练, 方彬, 等. 汛期分期边点分析方法的原理及验证[J]. 长江科学院院报, 2006, 23(6): 27–31.
- [13] 刘克琳, 王银堂, 胡四一, 等. Fisher 最优分割法在汛期分期中的应用[J]. 水利水电科技进展, 2007, 27(3): 14–16, 37.
- [14] 刘克琳, 王银堂, 胡四一. 水库汛期定量分析方法的应用比较研究[J]. 水利水电技术, 2006, 37(9): 76–78, 82.
- [15] 莫建飞, 陆甲, 李艳兰, 等. 基于 GIS 的广西农业暴雨洪涝灾害风险评估[J]. 灾害学, 2012, 27(1): 38–43.
- [16] 李波, 孟庆楠. 中国气象灾害大典·辽宁卷[M]. 北京: 气象出版社, 2005.
- [17] 王本明, 尤志芳, 陈储军, 等. 东北区水旱灾害[M]. 长春: 吉林人民出版社, 2003.
- [18] 辽宁省地方志编纂委员会办公室. 辽宁省志·水利志[M]. 沈阳: 辽宁民族出版社, 2001.
- [19] 辽宁省水文水资源勘测局. 辽宁省防汛水情手册[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2012.
- [20] 田以棠, 谭徐明, 姚文广, 等. 洪涝灾情评估标准[S]. 北京: 中国水利水电科学出版社, 2012.
- [21] 万金红, 张葆蔚, 谭徐明, 等. 洪涝灾情评估标准关键技术问题的探讨[J]. 灾害学, 2012, 27(4): 55–59.
- [22] 姚俊英, 朱红蕊, 南极月, 等. 基于灰色理论的黑龙江省暴雨洪涝特征分析及其灾变预测[J]. 灾害学, 2012, 27(1): 59–63.

Flood Season Division in Liaoning Province Based on Occurring Frequency of Flood Disasters

Liang Fengguo^{1, 2}, Liu Heping² and Wan Jinhong^{3, 4}

- (1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;
2. Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Liaoning Province, Shenyang 110003, China;
3. Water History Department of IWHR, Beijing 100048, China; 4. Research Center on Flood and Drought Disaster Reduction of MWR, Beijing 100048, China)

Abstract: Taking historical flood disasters during the last 55 years (1956–2010) in Liaoning province as the research objects, flood season is divided according to the frequency of flood disasters during different time intervals per year. Totally 44 flood disasters are extracted from the historical records of the last 55 years, including 27 moderate disasters and 17 severe disasters. According to occurring times of moderate and severe disasters in different pentad, it is identified that the flood season is from June 1 to September 5 and the main flood season is from July 11 to August 20. Statistics on historical flood disaster in the last 55 years indicated that flood season accounted for 100% of both moderate and severe disasters and the main flood season accounted for 100% and 70.4% of severe and moderate disasters, respectively. More than 60% of annual precipitation and discharge in rivers occurred during flood season and 30%~40% during main flood season. Compared with the flood season and main flood season based on representative precipitation and river stations in Liaoning province, it indicated that the occurring time, frequency and degree of flood disasters could reflect the intra-annual processes of precipitation and discharge, that there is synchronization between time of severe disasters and main flood season, and that rational flood season could be established with the method proposed.

Key words: flood season division; main flood season; historical flood disasters; flood disaster frequency; Liaoning province