

张雅昕, 王存真, 白先达. 广西漓江洪涝灾害及防御对策研究[J]. 灾害学, 2015, 30(1): 82-86. [Zhang Yaxin, Wang Cunzhen and Bai Xianda. Research of li-river floods and defense countermeasure [J]. Journal of Catastrophology, 2015, 30(1): 82-86.]

广西漓江洪涝灾害及防御对策研究*

张雅昕^{1,2}, 王存真², 白先达²

(1. 南京大学 大气科学学院, 江苏 南京 210032; 2. 桂林气象局, 广西 桂林 541001)

摘要: 利用 GIS 信息系统和降水实况资料, 对发生在广西漓江的洪涝情况进行分析。通过对洪涝灾害进行实地调查, 利用灾害风险评估技术, 对漓江洪涝灾害进行风险区划, 对洪涝灾害的防御措施进行探讨。漓江上游是广西的暴雨中心, 汛期暴雨常造成漓江洪涝灾害, 特别是 5-6 月份, 每年基本上都有 2~3 次大面积的洪灾; 沿江两岸都是洪涝灾害的高风险区; 漓江洪水具有来得快, 消得也快的特点; 造成漓江致洪暴雨的天气形势主要是华南静止锋; 加强上游降水量的监测和预报, 加强上游水库蓄水错峰的调控能力, 完善低洼地段防洪堤坝建设, 可以有效地防御洪涝灾害。

关键词: 漓江; 洪涝灾害; 防御对策; 研究; 广西

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2015)01-0082-05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2015.01.016

桂林漓江因其秀美而闻名天下, 是世界有名的旅游黄金水道。漓江呈北南走向穿越桂林市, 其上游自兴安到灵川县, 是广西的暴雨中心, 每年汛期受致洪暴雨的影响, 造成漓江超警戒水位的洪涝灾害, 对桂林城市及沿江乡镇群众的生产生活影响很大, 对漓江旅游的正常航运和安全的影响也很大。因此需要对漓江流域的洪涝灾害进行调查, 分析其成灾原因, 并对其防御措施进行研究, 提供有效的防御办法, 切实为减灾防灾提供科学依据。国内外对流域暴雨致洪的研究很多, 程小康等就对长江流域致洪暴雨的天气形势进行过总结和分析^[1], 龚延湘等对长江大范围致洪暴雨的成因进行了分析^[2]。吴兴国等对影响广西的致洪暴雨做了比较系统的研究^[3-5], 认为持续性暴雨和大范围的暴雨都能造成广西洪涝灾害。郑传新、周西华等对柳江致洪暴雨和湖南新邵太芝庙乡特大致洪暴雨进行了研究^[6-7], 提出了积雨区降水总量对江河致洪影响至关重要。刘福洲、黄运才对漓江洪水分析认为^[8-9], 漓江洪水季节性强, 上游水库的不合理排洪, 对漓江出现洪涝灾害的影响最大。近年来暴雨灾害的风险评估研究受到高度重视, 张海玉等用模糊数学的方法对安徽洪涝易损等级进行了评价^[10-11], 选择多年降雨量、森林覆盖度、人口密度、耕地百分比、人均 GDP、水库密度等 6 个要素作为洪水灾害经济易损性风险评价指标。叶小岭等^[12-13]用灰关联谱

聚类方法对福建省暴雨灾害进行评价。于文金等^[14-15]将 GIS 信息用于暴雨灾害的风险评估。吴振玲^[16]利用欧式距离函数评估流域暴雨灾害。姜勇等^[17-18]研究了中小河流暴雨灾害的应对措施和山区暴雨灾害应对策略。这些研究对做好流域洪涝灾害风险评估和灾害防御提供了参考。但鲜有专门针对桂林漓江致洪暴雨和洪涝的研究, 以及漓江洪涝分布及其滞洪风险区划的研究。本文收集了漓江致洪暴雨的观测资料、漓江历年最高水位资料以及每年受淹面积等资料, 对漓江的洪涝灾害进行了研究, 旨在为漓江致洪暴雨的预报、防灾减灾提供依据。

1 漓江流域概况

漓江起源于越城岭南麓兴安县北部山区, 流经灵川县、桂林市、阳朔县, 在平乐县汇于西江, 南经梧州再进入珠江。漓江流域河流总长 692.97 km, 年径流量 $169.21 \times 10^9 \text{ m}^3$, 积水面积 3 971.09 km²。整个地势北高南低, 相差达到 80 m, 坡度达到了 1:10 000, 上游出现暴雨, 漓江中下游水位迅速上涨, 两岸低洼地带出现洪涝灾害。图 1 为漓江流域分布图, 圆点为水库。由于漓江没有外来水系的水, 只有上游集雨区的降水,

* 收稿日期: 2014-06-11 修回日期: 2014-08-14

基金项目: 广西自然科学基金“孟加拉湾对流对广西锋面暴雨影响机制研究”(2013GXNSFAA019288)

作者简介: 张雅昕(1974-), 女, 广西桂林人, 高级工程师, 主要从事气象服务工作. E-mail: 260118238@qq.com

通讯作者: 白先达(1957-), 男, 广西桂林人, 高级工程师, 主要从事气象服务工作. E-mail: glqxbxd@163.com

漓江水位也具有消退很快的特点, 雨停的第 2 d 洪水就会消退到警戒水位以下, 但一些低洼地带的积水消退时间要长一些。



图1 漓江流域分布图

通过对历年降水资料分析可以发现, 漓江上游(桂林以北)是桂林的暴雨中心, 年合计降水量为 2 000 mm 左右, 南部降水相对要少, 只有 1 400 mm 左右。

2 致洪暴雨气候概况

2.1 漓江致洪暴雨的划定

根据桂林漓江上游的降水资料与漓江水位的统计分析, 只有上游出现了暴雨或暴雨以上降水才能产生洪水, 但不是所有的暴雨都产生洪水, 能否致洪, 除总降水量外, 还涉及到暴雨的强度和持续时间、降水区面积、当时地面土壤含水量、江河基础水位的高低等诸多因素。桂林漓江警戒水位是 146.0 m, 通过分析 1991-2013 年 4-7 月兴安、灵川、阳朔、平乐和桂林的暴雨个例和漓江的水位, 规定以漓江超警戒水位为致洪标准。分析表明, 在漓江致洪前, 辖区内多数是先出现了 1 d 以上中到大雨、局部暴雨的天气, 有时甚至出现了连续性的中雨或大雨, 其后再降暴雨, 即可造成洪涝。据历年漓江超警戒水位时各站的降水资料统计分析, 划定致洪暴雨标准如下:

(1) 灵川、兴安、桂林、阳朔、平乐等沿江县只要有一个站日雨量 ≥ 250 mm (表明沿江单站降水强度很大, 局地有特大暴雨)。

(2) 灵川、兴安、桂林、阳朔、平乐等县连续过程降水量 ≥ 100 mm, 且其中有 1 d 以上灵川、兴安、桂林一个站以上日雨量 ≥ 50 mm (表明漓江上游前期降水较大水位已经比较高, 再有暴雨就会造成洪水)。

2.2 致洪暴雨的月分布

统计分析了 1991-2013 年共 23 年桂林市、灵

川、兴安、资源、龙胜、阳朔、平乐县降水资料, 得到漓江暴雨致洪次数如表 1 所示。

表1 1991-2013 年桂林漓江上游各月致洪暴雨统计表

月份	3	4	5	6	7	8
总次数	0	6	17	20	9	0

由表 1 可知, 1991-2013 年 23 年, 桂林漓江上游致洪暴雨主要出现在 4-7 月, 最多集中在 5、6 月份, 8 月至次年 3 月漓江没有出现超警戒水位的洪水。4 月份以前, 漓江沿岸降水日数虽然比较多, 但雨量不大, 多为小到中雨, 不易形成漓江致洪暴雨。8 月份以后, 桂林进入秋季干旱季节, 偶有暴雨, 以局地短时性暴雨为主, 也不是连续性暴雨, 面雨量不大, 还因地表干涸, 漓江水位较低, 一场暴雨基本上不会造成漓江水位的明显上涨, 或是上涨一些也不可能超过警戒水位。5-6 月是桂林的主汛期, 连续性暴雨经常发生, 漓江水位较高, 这时的暴雨极易产生洪涝。

2.3 漓江最高水位的年际变化

根据桂林漓江历年最高水位记录(市区水文站资料), 漓江最高水位为 1998 年的 148.44 m, 其次是 1952 年的 148.17 m, 1958 年最高水位仅有 144.6 m, 1963 年为 144.7 m, 年最高水位变化有 22 年的周期, 1950-1960 年水位大起大落明显, 21 世纪以来水位变化平缓, 这与上游水库泄洪管理更加科学化有很大的关系(图 2)。根据文献[9]中的研究, 1998 年的特高洪峰与上游水库排洪叠加暴雨洪水关系很大。

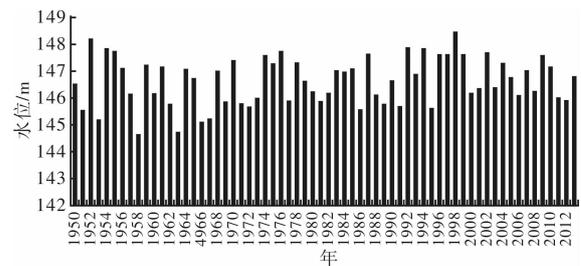


图2 桂林漓江历年最高水位变化曲线(黄海面标准)

在 1991-2013 年的 23 年中, 一年内出现致洪暴雨最多可以达到 5 次(分别是 1992、2003、2005 年), 最少为 0 次(1991 和 1995 年), 平均每年出现致洪暴雨的次数为 2.88 次。从历年情况看, 漓江最高水位最早出现在 3 月份, 最迟在 9 月份, 但洪涝灾害绝大多数年份还是出现在 5 月中旬到 7 月上旬, 这段时间是桂林市的降水高峰期, 也就是洪涝灾害的高发期。

3 致洪暴雨的天气形势分析

据吴兴国等对广西致洪暴雨天气形势总结^[3], 造成漓江洪水暴雨的天气形势可以划分为: 锋面型(又分为锋面南压型、静止锋北抬型)、低涡型和台风型。

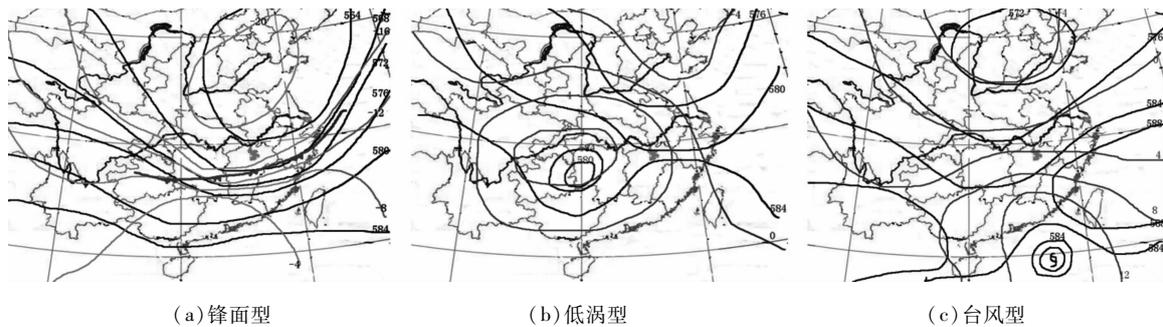


图3 影响桂林暴雨的500 hPa主要天气形势

3.1 锋面南压型

锋面南压包括0冷锋南压和静止锋南压两种情况。锋面在南压过程中500 hPa有西风槽东移影响，且配合有850 hPa切变线同时南压。图3a为高空500 hPa等压面形势图，锋区位于37°N附近。这种天气形势占致洪暴雨的70%。

3.2 静止锋北抬型

当锋面南压过了桂林以后，由于西南气流旺盛，静止锋北抬，再次影响桂林漓江上游地区，在桂林市及其以北又一次出现暴雨降水，原来漓江较高的水位很容易继续上涨，使漓江达到或超过警戒水位，静止锋在桂林南北摆动多数造成漓江持续2 d以上的洪水。

3.3 中小尺度低涡型

500 hPa有西风槽东移，配合850 hPa低涡同时南压，地面没有锋面，属于西南倒槽或西南低涡共同影响，有时降水过后可以分析出锋生。这是桂林漓江致洪暴雨的另一种天气形势，约占漓江致洪暴雨的20%。如图3b所示。

3.4 台风型

由于海上强热带低压、台风等低值系统西移或北上影响桂林。此型多见于后汛期。在致洪暴雨的天气形势中，台风型所占比例很小，不足5%。图3c为2002年台风影响桂林时的天气形势图。

4 地形对致洪暴雨的影响

不少专家对局地特大致洪暴雨分析发现，地形对局地大暴雨的影响非常重要。漓江上游特殊的地形对漓江致洪暴雨起到了很重要的作用，主要表现在近乎东西走向的越城岭对南压冷锋构成阻挡，使其移速减慢，转为静止锋，增加了漓江上游的降水持续时间；静止锋北抬，受到越城岭的阻挡，造成岭南兴安一带的明显降水。其次是桂林东边的海洋山、西边的天平山，加上北部的越城岭山脉，形成了一个以桂林市为中心，东、西、北高，南部低的特殊地形，西南来的暖湿气流很容易在这里积聚，形成暴雨降水，特别是在越城岭南麓的兴安和灵川县的北部山区，暴雨经常比市区和县城量级要大，兴安县华江乡山区，日降水量曾有记录超过500 mm。特殊的地形，形

成了桂林市区北部山区的多雨带，而这一多雨带又正是漓江的源头，因此漓江的致洪暴雨受到北部特殊地形的影响很大。

5 漓江暴雨灾害风险区划

根据气象风险评估的原理，灾害风险性可以表示为：

$$\text{灾害风险} = \text{灾害危险性} \times \text{承灾体潜在易损性} \quad (1)$$

式中：暴雨灾害危险性是自然属性，包括孕灾环境和致灾因子；承灾体潜在易损性是社会属性。

致灾因子 = 暴雨灾害的历史发生情况。桂林市区以北为漓江的上游，暴雨高发，市区南部暴雨相对少很多，致灾因子北高南低。

孕灾环境 = 各地的地理位置 + 地形地貌情况。漓江的周边都是地势相对低洼地带，特别是市区以南的大埠、柘木、草坪等地，孕灾环境有利，等级高。

承灾体 = 各地社会经济发展 + 人口分布情况。人群都有依河边居住的习惯，沿河两岸农田肥沃，土地开发程度高，多以水田为主，经济作物多，漓江周边的承灾体比较脆弱。

对于漓江致洪暴雨风险评估，也就是对暴雨灾害的致灾因子、孕灾环境、承灾体进行综合分析，得出漓江暴雨风险等级都为高风险等级（图4、图5）。

致洪风险等级最高的是桂林市区南部、灵川的大圩镇、阳朔的杨堤到兴坪等地（图5中的红色区域），这些地方只要漓江超过警戒水位，就会出现低洼处民房进水，农田成片被洪水淹没，出现在7月的洪水经常会造成早稻严重减产，甚至绝产，灾害损失非常严重。图5中的蓝色区域基本为山区，漓江流域分水岭，为洪涝灾害的低风险区。粉红色区域为次高风险区，黄色区域为风险区。

6 防灾措施研究

洪涝灾害的防御措施包括水利建设方面的工程措施，也包括预警和应急方面的非工程措施，只要两种措施有机结合，才能取得理想的效果。

(1) 漓江防洪工程措施

加强沿江堤坝的修建，充分发挥沿江防洪堤的重要作用；同时做好上游水库的修建工作，在

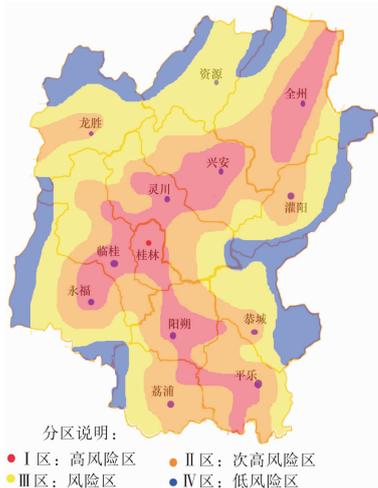


图4 桂林市暴雨风险区划



图5 漓江洪涝灾害风险区划

漓江上游山区多修建水库,可以起到储洪的能力,通过上游水库的合理调洪,尽可能错峰排洪,可以非常有效地减轻下游洪涝灾害的压力;近年来,桂林市在漓江上游新建3座中型水库,沿江防洪堤体系进一步完善,漓江致洪水位得到了有效控制,市区低洼地段的洪灾损失明显减少;为了加强科学调度,气象部门加强了漓江流域的降水监测自动雨量站的建设和管理,目前漓江流域气象部门的自动雨量站已经达到100个,水文部门的雨量站为200多个,市防汛办通过实时掌握上游的降水情况,指导各水库储水或排洪;加强低洼地域居住群众的搬迁,加强群众防灾能力。

(2) 漓江防洪非工程措施

非工程措施主要有气象部门的暴雨天气预报、警报;乡镇防灾减灾应急体系的建设;乡镇义务气象信息员队伍建设;2011年桂林市气象局组织完成了市、县气象灾害防御规划,以地方政府的名义颁布实施,规划对气象灾害信息传播、防灾救灾的组织和演练等都进行了明确的规定,近2年各部门和各乡镇都组织了一定规模的联合防灾演

练,为防灾救灾发挥了重要作用。2013年6月恭城县发生了一次特大暴雨洪水灾害,在暴雨来临前2小时,市气象台及时将暴雨信息通知了县气象局,县气象局立即通过防灾应急系统将暴雨信息传输给当地群众,乡村干部有效组织所有群众转移,做到在当地罕见的洪水灾害面前没有人员伤亡,财产损失减少到最低程度。这次成功的气象服务事例,得到了国家、广西壮族自治区有关领导的高度认可,成为暴雨防灾的成功典范。防洪非工程措施作为工程措施的互补,在减灾防灾工作中有着不可缺少的地位。

7 小结

(1) 漓江洪水与上游暴雨的强度和持续时间密切相关。面雨量特大、局地特大暴雨、局地暴雨加上前期水位较高等三种情况都是造成漓江致洪的暴雨。

(2) 漓江洪水水位与桂林降水量变化都有大致11年的周期;每年4-7月为桂林的主汛期,5-6月致洪暴雨高发。

(3) 造成漓江致洪暴雨的天气形势可分为:锋面影响型(又分为冷锋南压型、静止锋摆动型)、低涡型和台风型。

(4) 受特殊的地形的影响,漓江上游是广西的暴雨中心之一,暴雨多发为漓江致洪提供了有利的条件。分析漓江致洪暴雨要特别关注上游的关键区。

(5) 由于漓江的孕灾环境有利,成灾体脆弱,漓江周边的洪涝灾害风险等级为高风险级,远离漓江的山区为低风险区。

(6) 洪涝灾害的防御除了注意加强漓江防洪的工程措施外,非工程措施也非常重要,提高全民灾害风险防范意识,可以最大限度减少暴雨洪涝给漓江周边群众造成的灾害。

参考文献:

- [1] 程小康. 1998年长江流域致洪暴雨的天气特点分析[J]. 南京气象学院学报, 2002, 25(3): 405-412.
- [2] 龚延湘. 长江上游大范围致洪暴雨的成因分析[J]. 湖北气象, 2001(1): 17-20.
- [3] 吴兴国. 广西前汛期暴雨天气过程的特征分析[J]. 广西气象, 2000, 21(2): 7-11.
- [4] 吴兴国, 杨望月, 黄治逢. 郁江南宁段致洪气象特征分析[J]. 广西气象, 2002, 23(2): 3-8.
- [5] 黄明策. 广西西江流域致洪暴雨合成分析[J]. 广西气象, 2006, 27(3): 29-31.
- [6] 郑传新, 米浦强, 陈剑兵, 等. 柳州市积涝过程模拟及灾害风险评估[J]. 气象, 2007, 33(11): 72-75.
- [7] 周雨华, 刘志雄, 谭一洲, 等. 湖南新邵太芝庙乡大致洪暴雨分析[J]. 气象, 2006, 32(11): 81-87.
- [8] 刘福洲, 白先达. 桂林漓江致洪暴雨分析[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(15): 9090-9092.
- [9] 黄运才. 漓江桂林洪水与青狮潭水库泄洪关系的初步探讨

- [J]. 桂林工学院学报, 2007, 27(3): 337-342.
- [10] 张海玉, 程先富, 马武, 等. 洪涝灾害经济易损性模糊评价[J]. 灾害学, 2010, 25(1): 30-34.
- [11] 扈海波, 张艳莉. 暴雨灾害人员损失风险快速预评估模型[J]. 灾害学, 2014, 29(1): 30-36.
- [12] 叶小岭, 姚珍珍. 基于灰关联谱聚类模型的福建省暴雨灾害评价研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(15): 8639-8641.
- [13] 吴哲红, 陈贞宏, 叶帮, 等. 基于灰色关联度的暴雨事件灾害评估和预评估方法[J]. 贵州气象, 2011, 35(6): 6-9.
- [14] 于文金, 阚永刚, 吕海燕, 等. 基于 GIS 的太湖流域暴雨洪涝灾害风险量化研究[J]. 灾害学, 2011, 26(4): 1-7.
- [15] 孟翠丽, 匡昭敏, 李莉, 等. 基于 GIS 的广西暴雨灾害风险实时评估技术研究[J]. 中国农学通报, 2013, 29(26): 184-189.
- [16] 吴振玲, 史得道, 吕江津, 等. 利用欧氏距离函数评估海河流域暴雨灾害[J]. 灾害学, 2012, 27(3): 48-53.
- [17] 姜勇, 王亚春. 中小河流暴雨灾害的防御措施[J]. 中国科技博览, 2012(33): 380-380.
- [18] 姚秀萍, 王丽娟, 吕明辉. 山区暴雨灾害应对策略[J]. 中国减灾, 2012(8): 22-23.

Flood Disasters around Lijiang River in Guangxi and the Preventive Strategies

Zhang Yaxin^{1,2}, Wang Cunzhen² and Bai Xianda²

(1. School of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210032, China;

2. Guilin Meteorological Observatory, Guilin 541001, China)

Abstract: Based on GIS information system and precipitation data, floods that happened in Lijiang River in Guangxi are analyzed. Through investigating on floods disasters of both sides of the river, and by using disaster risk assessment technology, risk zoning of the floods are achieved and the defensive measures are discussed. Lijiang River upstream is the rainstorm center of Guangxi, often causes floods in the heavy rains in flood season, especially in May to June, and basically have 2-3 times of large-area flooding every year. Both banks of the river are high risk areas of flood disasters. Floods of the river are characterized in coming and retreating fast. Southern China quasi stationary front is the main weather situation of the rainstorms that inducing floods of Lijiang River. To strengthen the monitoring and forecast of upstream rainfall, to strengthen the regulation ability of water storage peak load of upstream reservoirs, to perfect the dam construction of low-lying area flood control can effectively defence the floods.

Key words: Lijiang River; flood disaster; preventive strategy; research; Guangxi

(上接第 81 页)

Analysis of Climate Characteristics of Continuous Autumn Rain during the Past 50 Years in Shanxi Province

Wang Dong^{1,2}, Tan Guirong¹ and Geng Xin^{1,3}

(1. Department of Atmospheric Science, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China;

2. Yushe Meteorological Bureau of Shanxi Province, Yushe 031800, China; 3. Key Laboratory of Meteorological Disaster of Ministry of Education, Nanjing 210044, China)

Abstract: Based on day-by-day precipitation data of 66 stations in autumn during 1960-2009 in Shanxi Province (September-November), by using methods such as linear trend estimation, cumulative departure method, EOF and Morlet wavelet analysis, change trend and spatial-temporale structure characteristics of continuous autumn rain in Shanxi province are systematically analyzed and an intensity index model of continuous autumn rain is established. Results show that numbers and days of regional continuous autumn rain in Shanxi province are of an obvious linear decrease tendency. The process rainfall appears rising trend and the number of continuous rain's cumulative departure shows the pattern of three ascents and two descents. It turned out that the continuous autumn rain in Shanxi province had significant yearly and decadal variation character. There is a 5-6 years periodic change during the 60's to the mid 70's, and 2 years periodic variation character in the late 90's, and the decadal variation shows an undulating change rule. The continuous autumn rain in Shanxi province is degressive from the south to the north, in addition to the northern Tianzhen, Shanyin and Fansi shows an increasing trend, the last representative stations are consistent with the decreasing trend. Continuous rain occurred easily in southern, southeast and Wutai mountain area, less easily in Datong basin, Xinzhou basin and Taiyuan basin. Continuous autumn rain in Shanxi province has 2-3 years and 8 years remarkable oscillating period. During the mid 70's to the mid 80's, approximately 8 years has maximum amplitude and the strongest power, was the strongest periodic oscillation period.

Key words: Shanxi; continuous autumn rain; climate characteristic; Morlet wavelet analysis; spatial-temporale structure; decadal variation