

赣江万安以上流域历史暴雨洪水分析

蒲源森 邹进上

(南京大学气象系)

一、前言

考证与分析特定流域内的历史暴雨*和洪水，对研究洪水和探索旱涝规律、长期气候变化，具有十分重要的意义。历史暴雨年代久远，缺乏实测资料。但在我国历代史籍、方志、碑文和宫廷档案中，关于旱涝灾情、水文资料等记载颇多，从其中可以大致了解到近数百年的特大暴雨情况。利用历史洪水资料，佐以考证，反推暴雨量，是目前研究历史暴雨洪水的一种有效方法。本文将根据历史上赣江万安以上流域的两次雨洪的分析来介绍一下这种方法。

万安位于赣江中游，控制集水面积为 36,900 平方公里。万安以上流域地形复杂，四周环山。其东南为武夷山脉，呈东北—西南向；西南为大庾岭和诸广、万洋等山脉；南岭山脉横亘于其南，雩山、翠雷山、云峰山屏障于其北；地势周围高而中间低，包括了整个赣南盆地。就现代气候条件来说，这里的汛期为 4 月至 7 月初，主汛期为 5—6 月，降水丰沛，属亚热带季风湿润气候区。

根据最近调查结果，赣江万安以上流域近六百年来发生特大暴雨的年份有：1485 年、1556 年、1616 年、1713 年和 1915 年等。这几次特大暴雨均出现在 6 月至 7 月初。其中 1485 年的洪水是六百余年来最大的一次，1915 年的洪水是近 165 年来最大的一次。本文以这两年洪水为基础，结合近代天气气候学分析，试图进一步研究万安以上流域的历史暴雨洪水特征，并根据洪水调查资料，用洪水流量过程线法估算这两年大暴雨期间万安以上流域最大 7 日面雨量，为研究可能最大暴雨和长期气候变化服务。

二、1915 年万安以上流域暴雨洪水的估算

(一) 1915 年暴雨洪水特征

1915 年的洪水主要是由 7 月 5 日至 7 月 7 日三天特大暴雨形成的。据分析，这是江南梅雨期最后一场暴雨。此次暴雨几乎遍及广西、湖南全省，广东、福建大部分地区和江西赣江中上游，整个雨区轴线呈东北—西南向。从 1915 年我国旱涝等级分布图（图 1）可以看出，长江干流以南（东南沿海一部分地区除外）的广大地区，出现了严重的涝灾。

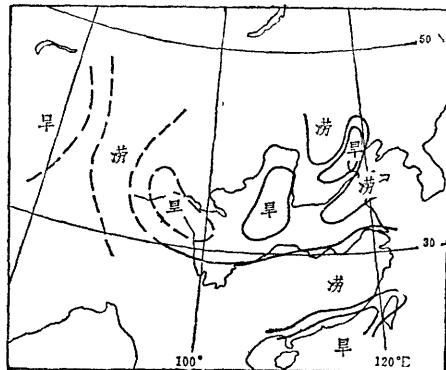


图 1 1915 年我国旱涝等级分布（采自〔1〕，图中数字略）

这次暴雨的特点是范围广，强度大，历时长。根据赣州调查：1915 年 6 月 3 日下雨，雨不大，忽下忽停，下了 36 天，水渐上涨，7 月 5—6 日雨最大，7 月 7 日大水进城，水急涨，一夜就能城上行船，7 月 9 日水位最高，没有几天水退，7 月 13 日退出街道，约十余天水退完。又据太和调查得知，太和 7 月 7—8 日下雨，当夜涨大水，9 日续涨，已能城上行船，10 日下午开始退水，13—14 日水大落。据吉安的调查，也是 7 月 9 日水上涨。

从洪峰模数**分布图（图 2）可看出，这一时期的暴雨中心主要在武夷山西北坡，雨带呈东北—西南向，西南起于龙溪子，东北止于庵子前。从解放后赣南 32 场实测暴雨资料统计结果来看，此区亦是暴雨中心频繁出现之地。

(二) 1915 年历史暴雨的天气形势

查阅上海徐家汇天文台 1915 年 6—7 月份地面天气图，有如下几点认识：

①这次降水的天气形势，可以 7 月 5 日为代表（见图 3）。地面为一东北—西南向的准静止锋，东海气旋发展，气旋中心在济州岛南面，中心闭合等压线为 1000 毫巴。

* 本文中所谓“历史暴雨”，指的是根据历史上不同来源的雨情或洪情资料推断为暴雨的情况。——编者注

**洪峰流量除以流域面积，称为洪峰模数。

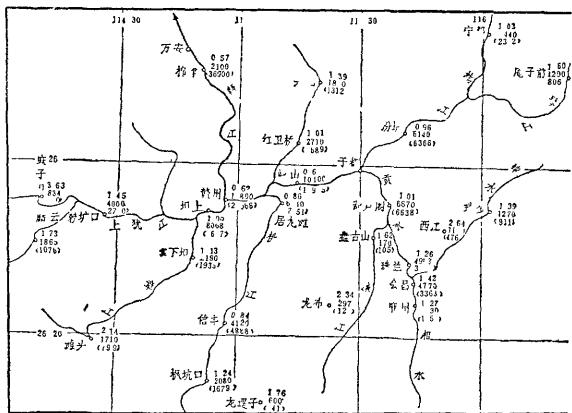


图 2 1915年赣南洪峰模数分布图

图内测站上方：洪峰模数（立米/秒·平方公里）；中间：洪峰流量（立米/秒）；下方：流域面积（平方公里）

（此图系江西水电设计院鲍尔明工程师所提供。）

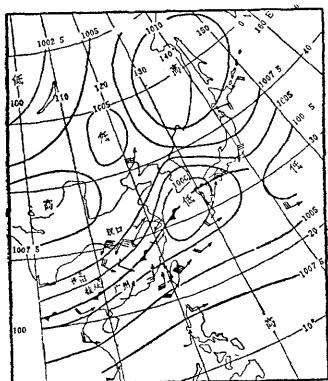


图 3 1915年7月5日6时地面天气图
（根据上海徐家汇天文台）

图中风矢表示风级，一长划表示二级；
锋系是作者重新分析的。

②河套地区为高压，高压前部冷空气南下，经汉口、九江进入赣南、湖南等地，而沿海西南风很强，将丰沛的水汽输入广东、江西的上空。这两支秉性不同的气流交汇于锋区，可见锋区附近辐合上升是很强烈的。南岭山脉、江西南部和浙江位于这一狭长的辐合带上升地区，降水范围很广。

③自6月8日起，长江以南至20°N以北经常为低压活动区，且形势稳定，鄂霍次克海为高压，在20°N左右以南的地区，亦为高压所盘踞。

④据此推断，这一时期的高压环流是稳定的，500毫巴上南海可能是副高中心，且呈带状，20—

30°N大致是纬向环流，中、高纬度地区可能是经向环流，700毫巴上是涡切变天气形势。

⑤7月8日以后，菲律宾以东出现高压中心，10日此高压控制江西，16—17日突然北跳，中心移动至30°N。从此开始了盛夏的天气形势。

（三）1915年洪水过程线的绘制与暴雨期间最大7日面雨量的估算

由历史洪水反推暴雨量的方法很多，大致可以归纳为三类〔2〕。（1）推理公式法：即根据洪峰流量、汇流时间、暴雨逆减指数以及与流域内土壤特性有关的损失参数，建立半经验理论公式，用以推算暴雨量。

（2）峰量暴雨相关法：利用实测洪峰流量（或洪量）与相应流域的面雨量建立相关，再根据历史峰量资料，从相关延长线上查算雨量。（3）洪水过程线法：根据洪峰流量及其出现时间，涨水和退水时间，绘出历史洪水过程线，从而计算出相应的洪水总量并换算成出口断面上游流域的净雨深，再加上亏损量，即得该次洪水的面雨量。

鉴于第一类方法的困难是如何准确地确定汇流时间及有关经验参数；第二类方法对于特大洪水是否服从一般暴雨峰量关系，目前仍有争议；因此，本文主要采用了第三类方法，即洪水过程线法。

我们的具体做法是这样的：

第一步：作出贡水（即赣州站）的洪水过程线。

根据调查访问资料和洪峰流量分布，绘出贡水的洪水流量过程线（见图4中①）。过程线中几个特征点是按下列办法确定的：

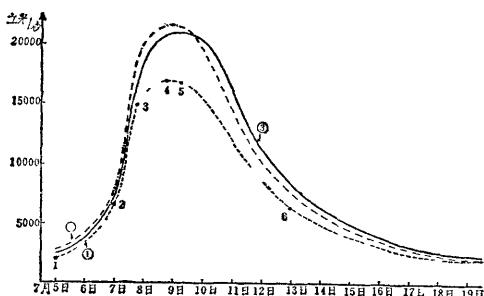


图 4 1915年历史洪水过程线，图中①贡水流量过程线 ②贡水、章水合成流量过程线 ③棉津流量过程线

①根据解放后赣南32场大暴雨水文气象资料，确定贡水（赣州站）起涨流量为2,500立米/秒。②7月7日大水进城流量定为6,500立米/秒，此数据是和赣州航运局、赣州水文分站、赣州水位站、赣州防汛指挥部研究以及在群众中访问后确定的，认为1964年6月洪水淹至赣州涌金门码头地面时，水位为98米，流量为5,810立米/秒。5,810立米/秒是采用

合成流量：红卫桥 149 立米/秒；峡山 3,530 立米/秒；居龙滩 2,020 立米/秒；区间 2%，总计 5,810 立米/秒。考虑到还有其他的一些因素，故粗略地采用 6500 立米/秒。
 ③城上行船流量，根据调查访问资料的描述，一夜之间陡涨，就可在城上行船，而按过程线上升的趋势，8 日晨所对应的流量为 15,000 立米/秒。
 ④洪峰出现时间取为 9 日 8 时左右，流量为 16,800 立米/秒（此数据取自图 2）。
 ⑤退水开始时间，太和的退水时间为 10 日下午，按洪水波传播时间，推算出赣州的退水时间。
 ⑥街道退出时间为 13 日，流量仍取 6,500 立米/秒。
 ⑦大水退完时间取为 11 天（访问资料说十余日大水退完）。据此，绘出了赣州流量过程线。

第二步：作出贡水、章水合成流量过程线。

贡水流域面积 27,066 平方公里，章水流域面积为 7,620 平方公里，二流域之总面积为 34,686 平方公里，此总面积为贡水流域面积之 1.28 倍，由此求得合成流量过程线（见图 4 中②）。

第三步：作出棉津流量过程线，见图 4 中③。

赣州以下、万安以上区间面积为 2,214 平方公里，洪量约为 6 亿立方米，此数据是按 1915 年赣州以上流域的洪峰模数（图 2）确定的，考虑到 1915 年洪水主要来自上游，故取比平均值略小的数字。再根据前面得出的合成流量过程线，求得相应的洪量为 111 亿立方米，加上区间的 6 亿立方米为 117 亿立方米（此数字即为 1915 年棉津洪水全过程的洪水总量），洪峰流量为 21,000 立方米/秒。棉津 1915 年流量过程起涨时间、洪峰出现时间、退水时间是根据赣州涨落时间、吉安起涨时间、太和涨落时间定出的。

第四步：估算最大 7 日面雨量。

由 32 场大暴雨的水文气象资料，以起涨流量作参数，定出一次洪水过程的洪量、7 日面雨量和径流系数之间的一组相关线，见图 5。从图中可看出，起涨流量愈大则径流系数也愈大。另外，从 32 场大暴雨资料可见，径流系数不仅与本次暴雨的强度和总量有关，而且还与起涨流量有关（亦即与本次暴雨前一月内或三星期内的总降水量以及降水日数有关）。1915 年 7 月初的这一场大暴雨之前，连续下了 36 天的雨，看来土壤已经很饱和了，这也是增大径流系数的一个原因。

因此取了 32 场实测大暴雨资料中最大的径流系数 0.88，作为 1915 年大暴雨期间的径流系数。

由历史洪量反推面雨量，我们利用了径流系数这个地区特征量。所谓径流系数，指的是降水有百分之几变成了径流。在这里，径流就是历史洪量。洪量除以径流系数，再换算成毫米，即为面雨量。1915 年过

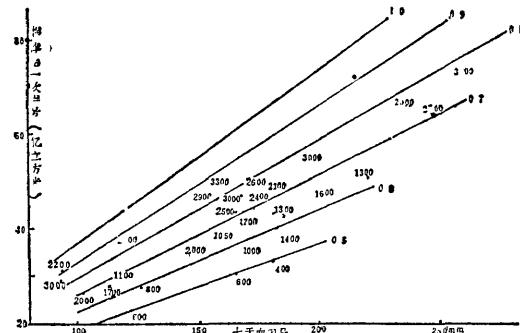


图 5 一次洪量与七天面雨量、起涨流量的关系，图内数字为起涨流量（立米/秒），斜直线右端的数字为径流系数

程洪量为 117 亿立方米。于是得出 1915 年大暴雨期间的总降水量为 $117/0.88 = 133$ 亿立方米。经单位换算后，最大七天面雨量为 360 毫米（万安以上流域面积为 36,900 平方公里）。

有趣的是，此数据与从图 5 的延长线上查出的七日面雨量相等。因此，可以认为，1915 年大暴雨期间最大七日面雨量为 360 毫米是可信的。

三、1485 年历史洪水与暴雨量的估算

1485 年（明成化二十一年）6 月上旬万安以上流域曾发生过一次特大暴雨洪水，洪水之大，雨势之猛，灾情之重，为近六百余年来所未见。万安县城 1359 年建过一次，1485 年为洪水所坏。这场暴雨不仅强度大，而且范围广，福建、广东、江西吉安、遂川等地均有特大洪水灾情的记载。从全国旱涝等级分布图（图略）来看，1485 年与 1915 年旱涝区的相对位置和分布趋势大致相似，但 1485 年华南诸省的涝灾比 1915 年要严重得多。福建全省大部分县都先后遭受洪水灾害，且以武夷山东南坡各县的暴雨最大，这可能与南岭准静止锋的停滞与徘徊以及地形影响有关。

至于江西，1485 年的洪水不仅发生在赣江的中上游，而且在整个赣江流域和抚江流域几乎同时都发生了大水。就洪峰流量过程线的形状而言，1485 年是双峰，二峰相隔约 9 天。

关于 1485 年历史洪量估算如下：

万安县志（光绪四年版）记载：“成化二十一年（1485 年）闰四月大水，加前乙巳四尺，稍退，复加涨二尺，田庐没无算，五云阁亦冲去”。光绪三年重校版记载：“成化二十一年乙巳闰四月二十六日大水，较前加四尺，稍退，五月初四复涨二尺，田庐崩无算，五台阁被冲塌，水退，继以疫”。

关于 1485 年洪峰流量究竟是四月二十六日的大？

还是五月初四的大？常有争论。今论证如下：光绪三年版记载，稍退，五月初四复涨二尺。从字面看似乎是比“稍退水位”涨了二尺。然而道光四年版却明确记载为，稍退，复加涨二尺。关键在于这个“加”字。这显然是比四月二十六日的水位增加了二尺，是加于四月二十六日的水位之上，而不是指加于“稍退水位”之上。若是加于“稍退水位”之上，何必要这个加字呢？另外从1485年洪水描述及灾情分布图可见，五月初福建亦有特大洪水的记载，而江西的吉安、遂川均记载了五月有大水，溺死者无算；可见五月初这场暴雨不仅范围广，而且强度和雨量都很大，在构成万安的洪峰流量上起了重要作用。更值得注意的是，遂川的灾情特别严重，遂川的位置并不在赣江的干流上，而是在赣江的支流上（井冈山东坡），这说明五月初这场暴雨在遂川、万安、吉安附近（即井冈山东坡）雨量也很大。由此可推知，1485年五月初（相当于阳历6月上旬）这场暴雨对于构成万安的洪峰流量起了重要作用。上面的论述可作为第二峰大于第一峰的一个旁证。

1485年第一个洪峰流量，根据水位一流量关系，确定为22,500立米/秒。至于第二个洪峰流量，江西省水电勘测设计院鲍尔明同志曾作过大量的细致调查、考证和测量工作，确定为24,500立米/秒。估计1485年过程洪量最大的困难是“稍退流量”（即文献说水位稍退时相应的流量）难于确定。在估算中，我们把“稍退流量”定为19,500立米/秒，这个流量大致相当于第一个洪峰水位出现以后稍退1米时的流量，也就是说假定“稍退”时，是退了1米。至于1485年洪水过程线的涨水曲线和退水曲线，则采用1915年的涨水曲线和退水曲线，按比例放大。此外，二峰之间还加了一个极小的波动，这是根据广东省1485年洪水的记载，旧历四月三十日有一场暴雨而确定的。第一个峰与第二个峰之间的分割也是采用按比例放大了的1915年退水曲线。

经过这样分割后，求得第二个峰的过程洪量为135亿立方米。至于径流系数的选取是作如下考虑的。1915年的径流系数采取的是0.88，1485年比1915年早了430年，当时的天然植被无疑地要比1915年好得多，径流系数要比1915年为小，故取1485年暴雨期间的径流系数为0.80—0.85之间的数字。径流系数若取0.80，则降水总量为169亿立方米（ $135/0.80=169$ ），通过单位换算后，面雨量为457毫米；径流系数若取0.85，则降水总量为159亿立方米，面雨量为432毫米。我们就把这个数据范围（432—457毫米）粗略地作为1485年最大7日面雨量。

四、小结

综上所述，可以得到关于万安以上流域历史而洪的几点认识如下：

1. 万安以上流域近六百余年来几次特大暴雨洪水时间均发生在6月—7月初，正好是这里的主汛期。看来，它们都是初夏梅雨锋造成的。据推断，500毫巴上南海可能是副热带高压，且呈东—西向，20—30°N大致是纬向环流，中高纬度地区可能是经向环流占优势，700毫巴上是涡切变天气形势。

2. 上述几次洪水中，有两次（1485年和1556年，关于1556年洪水的讨论略）洪水过程线是双峰，1485年二峰之间相隔约9天，并且是后峰大于前峰，后峰水位高于前峰水位0.67米。前峰可能与暖式涡切变相对应，后峰可能与冷式涡切变相对应。

从文献上看，1485年的洪水在二主峰之间似应还有一个小的波峰。从而可以说，这次特大洪水是由三次降水过程形成的。根据相似天气形势对比判断高空很可能是涡切变，地面上可能是三个气旋波发展东移的过程。

1915年的洪水是单峰。这是和高空冷式涡切变，地面准静止锋天气过程相对应的。

3. 根据历史洪水调查访问资料，采用洪水过程线法，反推暴雨量，是一种行之有效的方法。据推算，1915年在万安以上流域连续7天最大面雨量为360毫米；1485年连续7天（确切地说，一次洪水过程）最大面雨量为432—457毫米，后者是620年来最大的一次。

4. 从我国近五百年旱涝等级分布图来看，上述几次特大暴雨洪水并非局部的灾害性天气，而是和江南大范围涝区相联系的气候现象。由此看出，为要探索某一地区的可能最大暴雨和洪水预报，大尺度环流特征及其异常的分析研究，值得重视。

参考资料

[1] 全国五百年旱涝分布图。中央气象局研究所、南京大学气象系等，1977年。

[2] 应用历史洪水估算可能最大暴雨。四川省可能最大暴雨等值线编图办公室，水文计算技术，第1期，1977年12月。

致谢 工作过程中，承骆承政工程师提供宝贵意见，鲍尔明工程师和傅亚林同志帮助了部分工作，石宗祥同志代为制图，一并致谢。

更正：今年第6期26页右栏第28行“吹雪只记符号，不记起止时间……”应改为“吹雪要记符号和起止时间……”。