

# 1840 年以来长江大洪水演变与气候变化关系初探\*

施雅风<sup>1,2</sup> 姜 彤<sup>1</sup> 苏布达<sup>1,3</sup> 陈家其<sup>1</sup> 秦年秀<sup>1,3</sup>

(1: 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008;

2: 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000; 3: 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**提 要** 长江洪水灾害是我国频率高、为患严重的自然灾害之一。本文依据可靠资料, 选择 1840 年至 2000 年间 32 次大洪水记录, 探讨其演变与气候变化的关系。认知 1910s 前的 19 世纪冷期出现大洪水 13 次 (包括 1870 年的极值大洪水事件) 频率为 1.9 次/10a。1921 - 2000 年间出现了大洪水 19 次, 频率为 2.4 次/10a。20 世纪暖期又分出两个变暖时段, 前一变暖时段的峰值期 1920s - 1940s 出现大洪水 9 次, 包含 1931 年全流域大洪水。后一变暖时段, 即 1980s 与 1990s 出现大洪水 8 次。实测记录到的最大洪水 1954 年位于前一变暖时段结束阶段。1990s 是全球, 也是我国近百年中最暖年代, 受东南季风影响大的中下游地区夏季降水量是近百年最多的, 大暴雨频率也是有较多记录的 40 年来最高的。以此出现了 10 年 5 次大洪水高频率现象, 包含 1998 年全流域型大洪水, 表明了全球变暖的显著影响。也指示 30 - 40 年间周期性振荡中多雨年代。如此可预期 21 世纪初期降水会有小幅度下降与大洪水频率在短期内降低的可能性。长江上游受西南季风影响较大, 19 世纪下半期与 20 世纪上半期为多降水期, 大洪水频率较高。20 世纪下半期为少降水期, 大洪水频率较低。关于气候变化研究有待深入, 前景不易预估。

**关键词** 长江洪水 19 世纪冷期 20 世纪暖期 长江中下游夏季降水 30 - 40a 年代际振荡

**分类号** P467/P426

长江洪水灾害年年发生, 可能是我国为患最严重, 频率高, 损失大, 抗御困难的自然灾害。据长江水利委员会统计, 1950 - 1990 年间, 年平均受灾农田  $156.2 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 人口 1787 万人, 死亡 2518 人。洪灾特别严重的 1954 年, 受灾农田  $579.3 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 死亡 33169 人<sup>[1]</sup>, 称长江洪水为我国心腹之患, 毫不为过。洪水形成与气候和下垫面特征二方面均有关系, 长江中下游湖泊湿地萎缩显然加剧了长江洪水, 但本文旨在探讨近两个世纪长江历次大洪水与气候变化关系。洪水主要由汛期大降水或暴雨降水形成。长江流域居欧亚大陆亚热带季风湿润区, 降水的水汽来源主要由南海与孟加拉湾输入, 据刘国纬计算<sup>[2]</sup>, 可占降水总量的 93.5% 左右。本流域蒸发水汽所形成的内循环降水也很活跃。因此, 研究长江大洪水的气候背景, 不能仅限于本流域气候特征与变化, 必须扩大视野至有关太平洋与印度洋海区, 并考虑更大范围的环流变化。强度大, 笼罩面积广的暴雨与河道汇流集中产生峰高量大的洪水, 超过河道宣泄能力, 是洪水灾害频繁的基本原因。人为的湖泊湿地萎缩与森林破坏, 加重了洪水灾害。长江三峡水库的建立与 1998 年大洪水灾害后干流堤防的加高加固, 可在一定程度上减

\* 中国科学院南京地理与湖泊研究所知识创新工程所专项基金 (SS220007) 和国家自然科学基金项目 (40371112) 联合资助。2004 - 03 - 11 收稿; 2004 - 05 - 24 收修改稿。施雅风, 男, 1919 年生, 中国科学院院士。

轻洪水灾害,但不能解除大洪水频发的严重形势. 由于人为的 CO<sub>2</sub> 等温室气体大量增加,全球进一步变暖,水循环加快运行. 长江流域降水有可能不均匀的进一步增加. 加深对气候变化与大洪水演变的认识,有助于较正确的预测未来变化.

1 数据来源

本文所用大洪水资料取自《长江流域水旱灾害》<sup>[1]</sup>,《长江防汛地图集》<sup>[3]</sup>,《中国历史大洪水》<sup>[4]</sup>,《中国大洪水》<sup>[5]</sup>及《中国近五百年旱涝分布图集》<sup>[6]</sup>等. 主要考虑了实测的与考证的大洪峰流量与洪水灾害严重情况,选择了截止 2000 年的 32 次大洪水(表 1).

表 1 1840 - 2000 年长江大洪水简表  
Tab. 1 The flood events in the Yangtze river catchment during 1840 - 2000

年 份	区 域	灾 情
1840	上游洪水	岷沱、嘉陵江特大洪水,洪峰流量北碚 52100m <sup>3</sup> /s,寸滩可能超过 90000m <sup>3</sup> /s 四川 30 多洲县重灾
1848	中下游大洪水	湘、鄂、赣、皖、苏 5 省 100 余州县受灾. 枝江、九江、东至、庐江等大水入城
1849	中下游特大洪水	洪水位接近或略低于 1954 年大水,灾情较重
1860	上中游特大洪水	宜昌洪峰流量 92500m <sup>3</sup> /s,宜都接近 1870 最大洪水,上中游灾情严重
1867	汉江特大洪水	安康洪峰流量 36000m <sup>3</sup> /s,丹江口 45000m <sup>3</sup> /s,沿汉江的 11 个洲县重灾
1869	中下游特大洪水	湘、鄂、赣、皖、苏 5 省 100 余州县受灾
1870	上中游特大洪水	洪峰流量嘉陵江北碚 57300m <sup>3</sup> /s,长江寸滩 10000m <sup>3</sup> /s,宜昌 105000m <sup>3</sup> /s,为历史最大洪水记录. 淹没江汉平原的 30000km <sup>2</sup> ,川、鄂、湘灾情惨重
1889	中下游大洪水	鄂、皖、苏、浙 4 省受灾严重,太湖流域大洪水
1890	中游大洪水	汉口 6 - 9 月流量距平 8800m <sup>3</sup> /s,麻城、巴河大水*
1896	上游大洪水	川东、三峡区受灾严重,鄂、皖局部受灾,宜昌洪峰流量 71100m <sup>3</sup> /s
1898	上游大洪水	嘉陵江和长江干流上游严重受灾
1905	上游大洪水	金沙江中下游、长江上游大水,寸滩洪峰流量 85100m <sup>3</sup> /s,20 多县受灾较重
1906	中下游大洪水	湘江特大洪水,死 3 - 4 万人,长江中下游的沿江与淮河严重水灾
1921	上中游大洪水	嘉陵江和长江上游干流及汉江大水,寸滩洪峰流量 76400m <sup>3</sup> /s,鄂、皖、苏及湘江沿江成灾,死数千人
1924	上中游大洪水	金沙江、雅砻江大水,屏山洪峰流量 36900m <sup>3</sup> /s. 湘、资、沅江和赣江大水,汉江大水. 川、滇、湘、赣、鄂受灾严重
1926	上中游大洪水	湘、资、沅中下游特大洪水,洪峰流量湘江湘潭 21900m <sup>3</sup> /s,资水桃江 21500m <sup>3</sup> /s,沅江沅陵 29900m <sup>3</sup> /s,湖南 40 县淹死千余人. 岷、沱江和赣江、抚江大水成灾,鄂、皖沿江水灾
1931	全流域特大洪水	洪峰流量岷江高场 40800 m <sup>3</sup> /s,汉江丹江口 50000 m <sup>3</sup> /s,澧水三江口 30300m <sup>3</sup> /s,汉口出现历史最高水位 28. 28m, 6 - 9 月流量距平 13700m <sup>3</sup> /s*, 灾情特重,死亡 14. 5 万人
1934	上游大洪水	岷、沱、嘉陵江和乌江大水,四川 50 余县市受灾较重
1935	中游特大洪水	湘、赣、鄂部分受灾,洪峰流量澧水三江口 50000m <sup>3</sup> /s,宜昌 56200m <sup>3</sup> /s,汉口 6 - 9 月流量距平 6800m <sup>3</sup> /s*, 灾情严重,死亡 14. 2 万人

年 份	区 域	灾 情
1936	上游大洪水	岷、沱、涪、嘉陵、渠江及长江干流上游大水,四川 50 余县特别是沱江中下游受灾严重
1945	上游大洪水	岷、沱、涪、嘉陵江和乌江,长江干流上游大水,寸滩洪峰流量 $73800\text{m}^3/\text{s}$ ,40 余县市严重水灾,死亡数千人
1949	中下游大洪水	四川及长江中下游干支流大水,汉口 6-9 月流量距平 $9400\text{m}^3/\text{s}^*$ ,沙市、湖口出现历史最高水位,受灾人口 810 万,死亡 5.7 万人
1954	全流域大洪水	宜昌洪峰流量 $66800\text{m}^3/\text{s}$ ,汉口洪峰流量 $76100\text{m}^3/\text{s}$ ,大通 $92600\text{m}^3/\text{s}$ (第一位),灾情特重,死亡 33169 人
1969	中下游大洪水	大暴雨发生于鄂西清江流域,洪峰流量 $18900\text{m}^3/\text{s}$ ,鄂东北山区 6 条小河洪峰流量 $26840\text{m}^3/\text{s}$ ,汉口洪峰流量 $62400\text{m}^3/\text{s}$ ,鄂、皖二省重灾,死亡 3239 人
1980	中下游大洪水	长江三峡、嘉陵江、清江、澧水、与汉江大水. 汉江洪峰流量 $60100\text{m}^3/\text{s}$ ,鄂、赣、皖、湘 4 省死亡 1339 人
1981	上游大洪水	洪峰流量长江寸滩 $85700\text{m}^3/\text{s}$ ,宜昌 $70800\text{m}^3/\text{s}$ ,汉江洋县 $13800\text{m}^3/\text{s}$ ,四川死亡 1369 人,陕西南部重灾
1983	汉江及长江中游大洪水	汉口洪峰流量 $65000\text{m}^3/\text{s}$ ,湘、鄂、赣、皖部分地区重灾,汉江安康洪峰流量 $31000\text{m}^3/\text{s}$ ,老城淹没,死亡 870 人
1991	下游大洪水	汉口洪峰流量 $66700\text{m}^3/\text{s}$ ,巢湖、滁河、太湖与淮河地区重灾,皖、苏二省死 1163 人
1995	中下游大洪水	洪峰流量汉口 $59900\text{m}^3/\text{s}$ ,大通站 $74500\text{m}^3/\text{s}$ ,但九江、湖口站洪峰居实测第一位,洞庭、鄱阳湖区受灾严重,死亡 1088 人
1996	中游大洪水	洪峰流量汉口 $70700\text{m}^3/\text{s}$ ,大通 $75200\text{m}^3/\text{s}$ ,沅江、资水超记录大洪水,湘、赣、皖受灾严重,死亡 1500 人
1998	全流域特大洪水	宜昌 60 天洪量超过 1954 年,洪峰流量汉口 $71100\text{m}^3/\text{s}$ ,大通站 $81700\text{m}^3/\text{s}$ . 中下游 5 省 334 县受灾,死 1526 人,上游山洪灾害严重
1999	中下游区域特大洪水	洪峰流量汉口 $68800\text{m}^3/\text{s}$ ,大通 $84500\text{m}^3/\text{s}$ ,由于堤防在 1998 年特大洪水有已加高加固,灾害较轻

\* 1890、1935、1949 大洪水汉口 6-9 月距平流量值取自陈海龙《长江上中游历史时期干旱规律探讨》,1989 年长办水文局预报科油印

2 19 世纪冷期与 20 世纪暖期大洪水频率比较

近 200 年气候变化,大体分出 19 世纪为全球性小冰期的第三个冷期,20 世纪为全球变暖时期. 据王绍武等研究,华东 1830-1890 年冷谷与 1920-1980 年暖峰温度差别  $1^{\circ}\text{C}$  左右,冷暖转折时间在 1910 年左右<sup>[7]</sup>. 表 1 所列 32 次大洪水事件中 13 次出现于 1840-1910 年间的冷期,频率为 1.9 次/10a; 19 次出现于其后的 1921-2000 暖期,频率为 2.4 次/10a,高于前者. 冷期 13 次大洪水中没有全流域型的大洪水,而有中下游型大洪水 6 次,所在年代较为分散. 上游与上中游型大洪水 6 次,主要集中于 1860-1900 年代(5 次),可能表明其时西南季风强降水盛行. 其中,1870 年特大洪水在宜昌洪痕记录为  $105000\text{m}^3/\text{s}$ ,是已知历史上的最大洪水记录,特大暴雨出现于嘉陵江中游和川江干流附近,淹没江汉平原  $30000\text{km}^2$ ,灾情惨重<sup>[1]</sup>.

20 世纪全球和中国变暖集中在两个时段(图 1). 前一时段在 1920-1940 年间,中国特别强烈(图 1a),华东峰值期距平  $0.5^{\circ}\text{C}$  以上,以后稍有下降,1970 年代谷值期距平  $-0.2^{\circ}\text{C}$  左右,80 年代又复升温. 1998 年是中国,也是全球近 100 多年来最暖的一年,这年中国气温距

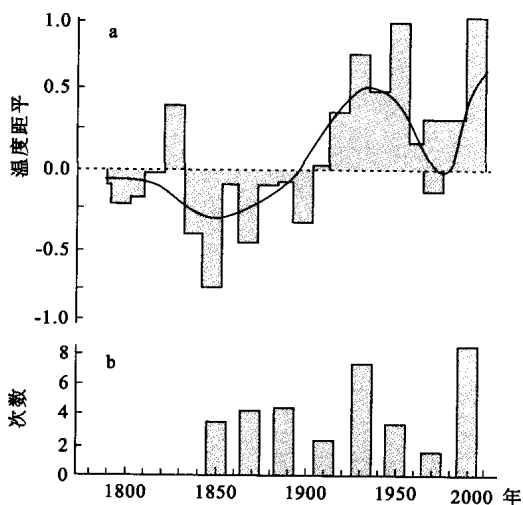


图 1 近两个世纪华东地区温度变化与长江流域大洪水出现时间比较

a: 华东地区温度变化(据王绍武等<sup>[7]</sup>, 有修改);

b: 长江流域 1840 - 2000 年大洪水每 20 年出现次数比较

Fig1 The comparison between temperature variances in the eastern parts of China and heavy floods in the Yangtze River catchment (a: Temperature variances in the eastern parts of China<sup>[7]</sup>;

b: Frequency of heavy floods in every two decades of the Yangtze River catchment for 1840 - 2000)

平达  $1.38^{\circ}\text{C}$ <sup>[7]</sup>. 这个时段的升温趋势, 方兴未艾. 2002 年与 2003 年是全球升温第二个与第三个暖年<sup>[8]</sup>. 如果前一阶段可看作是小冰期结束后的自然回暖, 后一阶段升温大多数学者看作是  $\text{CO}_2$  等温室气体显著增加的后果. 但降水变化与温度变化并不一致, 有暖湿、暖干、冷湿、冷干多种组合的可能. 如 20 世纪后一个暖期即 1980 - 1990 年代是升温 and 降水都增加显著的暖湿组合, 而前一个暖期即 1920 - 1940 年代, 虽然升温显著, 各年降水波动大, 尽管出现过如前所述的几次大洪水, 但年代际平均降水增加不明显. 在上述气候条件下, 20 世纪长江大洪水基本上随上述两个变暖时段而高频出现. 伴随 1920 - 1940 年代暖期的大洪水有 1921, 1924, 1926, 1931, 1935, 1936, 1945, 1949 年等 9 次, 包含 1931 年的一次全流域型大洪水. 而在变暖结束时发生了 1954 年降水最多而成特大洪水, 大通站洪峰流量  $92600 \text{ m}^3/\text{s}$ , 是 1922 年来实测记录第一位. 这次大洪水出现在解放后, 经大量军民有力抢救,

仍多处决口, 淹没农田  $317 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 灾民 1888 万人, 死亡 33169 人<sup>[1]</sup>. 1960 - 1970 年是降温也是少降水时段. 长江流域只 1969 年出现 1 次中下游型大降水. 1980 - 1990 年的暖期, 长江流域出现 8 次大洪水, 3 次在 1980s, 5 次在 1990s, 包括 1998 年全流域型大洪水. 如此高频出现, 史所罕见. 需作较深入的探讨.

### 3 1990 年代长江大洪水高频率出现的原因何在?

大洪水高频出现的直接原因在长江流域汛期降水量主要是夏季 6、7、8 月降水量的增加. 1990s 长江中下游夏季降水量为近 120 年最多的年代. 龚道溢等统计 32 个站 1990 - 1999 年夏季降水较近 50 年的平均值高  $87.62 \text{ mm}$ <sup>[9]</sup>. 另据苏布达等统计 1950s 以来的 51 个站降水变化资料, 1990s 年降水距平在长江中下游达  $60.3 \text{ mm}$ , 而上游趋势相反, 为  $-27.5 \text{ mm}$ , 全流域为  $19 \text{ mm}$ . 但夏季距平值大得多, 长江中下游正距平值为  $85.6 \text{ mm}$ , 上游也有增加, 为  $5.1 \text{ mm}$ . 这样全流域达到  $47.7 \text{ mm}$ . 夏季降水最多地区在鄱阳湖水系和太湖水系, 达到  $120 \text{ mm}$  以上<sup>[10]</sup>.

与 1990s 长江中下游降水丰沛相伴的是黄河中下游与华北的干旱少雨, 在季风环流变化上, 对应于季风强度较弱的时段. 为什么这个时候季风较弱, Qian 等指出是由于近 20 年亚洲内陆夏季降温而周围海洋升温, 由此降低了热力差别而减弱了夏季风环流所致<sup>[11]</sup>.

控制长江流域面积 94.7% 的安徽大通站水文记录指示, 1950 - 2000 年间, 多年平均径流

量为  $28859\text{ m}^3/\text{s}$ , 而在 1991 - 2000 年间, 增至  $30415\text{ m}^3/\text{s}$ , 增幅 3.2%. 显然年降水量的多少, 决定年径流量的大小. 后者又受到夏季多雨期洪水流量的影响, 1990s 洪季径流比 1930 - 1980 年代增加 12% 以上<sup>[12]</sup>. 如以洪峰流量  $70000\text{ m}^3/\text{s}$  作为经过大通站的大洪水标准, 则 50 年代出现过一次, 即 1954 年大洪水, 洪峰流量  $92600\text{ m}^3/\text{s}$ , 相当该年代平均年径流量  $28998\text{ m}^3/\text{s}$  的 3.2 倍. 少降水的 1960s 为零次, 1970s 和 1980s 各一次, 分别相当于该年代平均年径流量的 2.5 倍和 2.6 倍. 而降水量多的 1990s 出现四次, 其中两次洪峰流量超过  $80000\text{ m}^3/\text{s}$ , 即 1998 年全流域大洪水的  $81700\text{ m}^3/\text{s}$  和 1999 年中下游区域型大洪水的  $84500\text{ m}^3/\text{s}$ . 四次洪峰流量平均为  $78929\text{ m}^3/\text{s}$ , 相当 1990s 平均年径流量 2.6 倍. 上述洪峰流量比较可指示 1990s 不仅大洪水频率高而且大洪水强度也比过去年代增加. 附带说明 1991 大洪水时, 大通站洪峰流量仅  $63800\text{ m}^3/\text{s}$ , 这主要因大降水与洪水灾害区大部分出现在大通站以

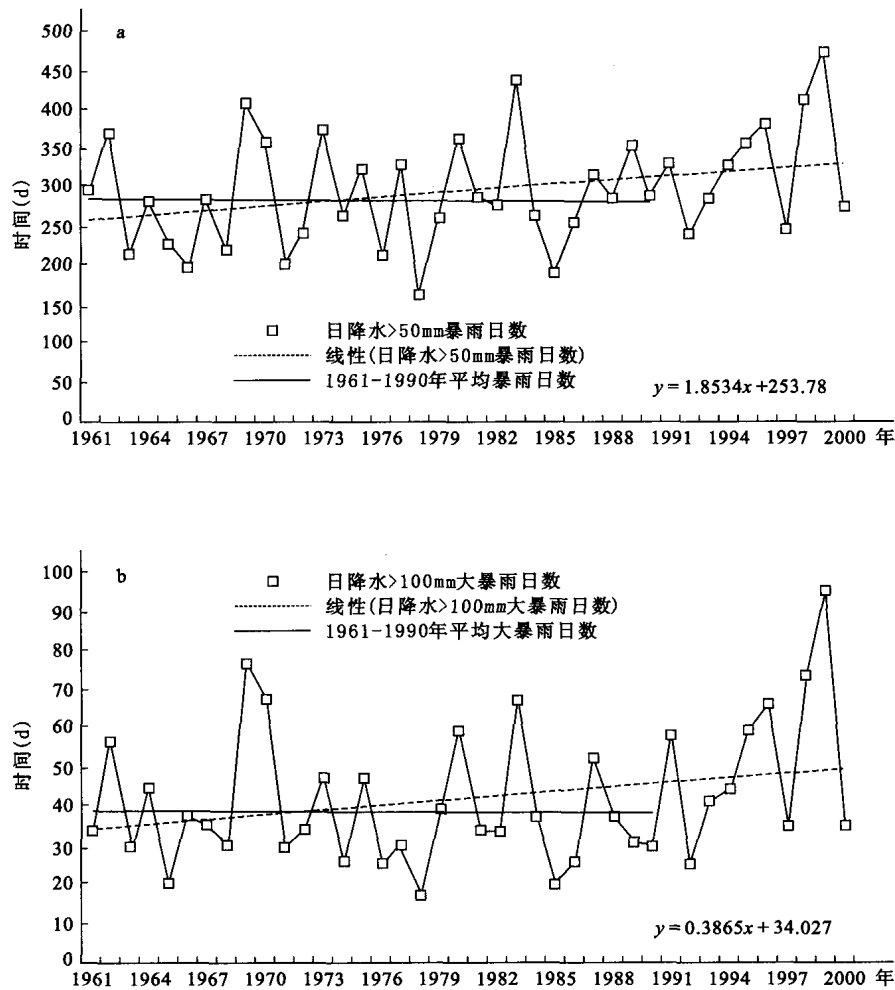


图 2 1961 - 2000 年长江中下游 78 观测站累积暴雨日数增加趋势

Fig. 2 Trends of days with rainstorm in the middle and lower reaches of the Yangtze River catchment

(a: > 50mm/d; b: > 100mm/d)

下巢湖、滁河与太湖区域的缘故。

IPCC 报告指出“观察到的全球变暖导致若干区域降水量增加,而大降水或极值降水事件的增加更为显著。北半球中高纬度大降水事件降水量在年降水中的比重于 20 世纪下半期增加 2% - 4%<sup>[13]</sup>。

武汉市 50 年暴雨日数资料显示,20 世纪 1960 - 1970 年为少暴雨期,1979 年以后为多暴雨期,频数明显上升,强度增加,1990s 达最大值。马乃孚等指出,东太平洋海温变化可能是长江流域暴雨增多的重要条件。1960 - 1970 年代为海温负异常阶段,1980s 转为正距平,1990s 异常增温,使上空大气异常加热,副热带高压向西伸展,是长江中游出现大暴雨的重要背景<sup>[14]</sup>。宁迈进等以湖南为例研究,认为 1990s 大洪水频率的增加,雨量集中程度和降雨强度增加起了关键作用。湖南在 1990s 曾出现最大日降水量 397.9mm,3 日最大降水量 656.7 mm,7 日最大降水量 715.5 mm 等极端记录<sup>[15]</sup>。本文作者统计长江中下游 83 站暴雨记录,1980 - 1990 年代日降水大于 50mm 的累积总日数超过 1960 - 1970 年平均累积日数 12%,大于 100mm 的暴雨日数在 1980 - 1990 年代高于 1960 - 1970 年代 13%。如单独统计 1990s 的上述两种暴雨日数和 1960 - 1980 年代三个年代平均日数,则分别高出 14% 和 34%。1961 - 2000 年长江中下游的两种暴雨日数 ( $> 50 \text{ mm/d}$  和  $> 100 \text{ mm/d}$ ) 年际变化趋势,(图 2)显示,20 世纪 80 - 90 年代暴雨呈增加趋势,而 90 年代更为显著。1969、1983、1991、1996、1998 与 1999 等年大洪水的致灾暴雨在图 2 上均有显示,特别令人注意的是最多暴雨日数的年份出现于 1999 年而非 1998 年。这与大通站洪峰流量 1999 年 ( $84500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) 超过 1998 年 ( $81700 \text{ m}^3/\text{s}$ ) 是一致的。这可能表示洪峰流量主要取决于暴雨量。上述 1990s 大洪水出现频率、强度与暴雨日数增加趋势证实了 IPCC 报告所指出全球变暖影响部分特征<sup>[13]</sup>。

#### 4 年代际波动与长江流域上下游差别的讨论

在季风湿润区的长江流域径流特别是洪水对降水的敏感性远大于对温度的敏感性。黄荣辉等认为,我国东部存在大约为 30 年左右的准周期振荡,接近所谓太阳活动的 BRUCKEL 周期<sup>[16]</sup>。Qian 等总结过去 530 年干湿变化资料,得出东亚地区有 70 年周期变化,变化时间由北向南滞后,严重的旱涝频率在 20 世纪有增加趋势,这和全球变暖一致<sup>[11]</sup>。黄忠恕等根据近 1000 年旱涝资料分析,从多种时间尺度的年际变化,认为主要存在 100 年左右大的干湿周期变化和 40 年左右小的旱涝周期振荡。最近一次旱涝振荡出现于 1958 - 1999 年间<sup>[17]</sup>。Becker 等从武汉与上海降水变化记录平滑的傅立叶周期分析中找出清楚的 30 - 40 年的周期变化<sup>[18]</sup>,这种规律鲜明的周期变化有助对未来降水变化的预测。

如前所述,从 1960 - 1970 年代少降水与少大洪水期经 1980 - 1990 年代多降水与多大洪水期等,已历时 40 年左右,接近或者已经完成一个准周期变化。如此推测 21 世纪初有可能进入少降水或与少大洪水期,而至 2020 - 2030 年左右再进入一个新的多降水与多大洪水期。

长江上游主要是四川盆地的气候与长江中下游有较大差别。近 50 年出现了比较独特的气温下降,降水减少,相应大洪水频率也较低的现象。刘春蓁指出,有一百年记录的长江上游重庆附近寸滩站以 1889 - 1959 年为多水期,年平均径流为  $3596 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,1960 - 1998 年为少水期,年平均径流为  $3419 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,分别比多年平均值  $3531 \times 10^8 \text{ m}^3$  增减 +2% 及 -3%<sup>[19]</sup>。但

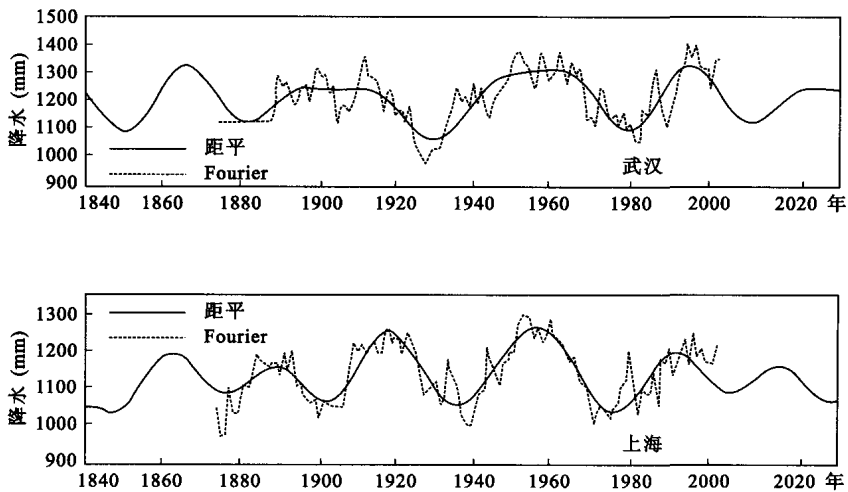


图 3 武汉、上海二地年降水量低通滤波处理处的均匀波动(据文献<sup>[18]</sup>)

Fig. 3 Low pass filtered annual precipitation in Wuhan and Shanghai and harmonic waves  
(adopted from Becker et al<sup>[18]</sup>)

前一阶段出现表 1 所示上游及上中游大洪水 7 次, 其中 1905 年大洪水寸滩洪峰流量达  $85100\text{ m}^3/\text{s}$ , 后一阶段上游型大洪水只出现 1981 年 1 次, 虽然它的洪峰流量在寸滩达到  $85700\text{ m}^3/\text{s}$ , 超过 1905 年大洪水值. 再追溯到 19 世纪下半期 1860 年与 1870 年特大洪水, 长江上游受西南季风作用较深的多降水期与喜马拉雅山希夏邦马峰达索普冰芯积累变化有较好的遥相关. 据姚檀栋等研究, 达索普冰芯积累量与印度东北部降水关系密切, 清楚指示 1820 年至 1920 年为延续一个世纪的多降水期<sup>[20]</sup>, 这个时期也是长江上游大洪水的多发期, 特别是 1860 年和 1870 年的特大洪水出现在该时期. 20 世纪下半期达索普冰芯和长江上游都进入少降水与少大洪水期, 何时结束, 难于判别. 长江上游主要是四川盆地与达索普冰芯相距 2000km 左右, 除接受西南季风从孟加拉湾吹来的暖湿气流外, 也受到东南季风从南海吹来的暖湿气流的影响. 前一阶段多降水期的结束时间就较达索普冰芯晚了若干年. 长江上游气候变化的研究程度远较长江中下游薄弱. 今后, 必须加强这方面研究, 以期能为未来变化作出较合理的预测.

5 结论

本文选择了 1840 年以来出现的 32 次大洪水的出现时间、地区(见表 1)与有关水文、气候现象, 联系探讨大洪水演变的气候变化背景, 获得下述认识:

(1) 以 19 世纪冷期与 20 世纪暖期比较, 暖期大洪水出现频率  $2.4\text{ 次}/10\text{a}$ , 高于冷期  $1.9\text{ 次}/10\text{a}$  年. 但极值大洪水 1870 年宜昌洪峰流量  $105000\text{ m}^3/\text{s}$  出现于冷期, 而非暖期. 20 世纪两个变暖时段中, 出现前一暖时段 1920 - 1940 年代的大洪水 9 次, 出现于后一暖时段 1980 - 1990 年代大洪水 8 次. 但实测记录的最大洪水 1954 年在前一暖时段结束转入降温过程中. 这显示导致大洪水的降水变化与温度变化的不一致性, 在区域尺度上, 降水与温度的联系和矛盾有待更深入的研究.

(2) 1990s 是中国和全球近百年最暖的年代,  $\text{CO}_2$  等温室气体增加已被多数学者认为是这个年代强烈变暖的主要驱动力。水循环加快, 特别是东南季风作用下的中下游地区的夏季降水量为近百年第一位, 大暴雨频率为较多记录的 40 年来第一位, 表明了全球变暖的显著影响和年代际的 30–40 年周期震荡, 但也和季风环流减弱有关。如上述认识正确, 可以预期, 21 世纪初期降水量会有小幅度下降, 大洪水频率在短时间内降低, 长江上游主要是四川盆地受西南季风影响较深。20 世纪下半期存在局部降温和降水减少趋势, 大洪水频率低于 19 世纪下半期和 20 世纪上半期的多降水期。30–40 年周期振荡不明显。长江上游气候变化研究程度较低, 必须加强研究, 才可作出较合理的预测。

### 参 考 文 献

- 1 长江水利委员会. 长江流域水旱灾害. 北京: 中国水利电力出版社, 2002
- 2 刘国纬. 水文循环与大气过程. 北京: 科学出版社, 1997
- 3 长江水利委员会水文局. 长江防汛地图集. 北京: 科学出版社, 2001
- 4 胡明思, 骆承政. 中国历史大洪水(下卷). 北京: 中国书店, 1992
- 5 骆承政, 乐嘉祥. 中国大洪水. 北京: 中国书店, 1996
- 6 中央气象局气象科学研究院. 中国近五百年旱涝分布图集. 北京: 科学出版社, 1981
- 7 王绍武等. 现代气候学研究进展. 北京: 气象出版社, 2001
- 8 罗 勇. 2003 年第三个最暖期. 气候变化通讯, 2004, 2(6)
- 9 Gong Daoyi, Zhu Jinhong, Wang Shaowu. Flooding 1990S along the Yangtze river, has its concern of global warming? *Journal of Geographical Science*. 2001, (1): 43–54
- 10 苏布达, 姜 彤等. 1990s 长江流域降水趋势分析. 湖泊科学, 2003, 15(增刊): 38–48
- 11 Qian W, Hu Q, Zhu Y, et al. Centennial scale dry-wet variations in East Asia. *Climate Dynamics*, 2003, 21: 77–89
- 12 秦年秀, 姜 彤等. 1990s 长江干流径流量演变趋势. 湖泊科学, 2003, 15(增刊): 138–145
- 13 Houghton J T et al. IPCC 2001. Climate change 2001 The scientific basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2001
- 14 马乃孚, 杨景劲. 武汉 90 年代暴雨异常的物理环境变化背景探讨. 长江流域资源与环境, 2002, 11(6): 583–586
- 15 宁迈进, 周必达. 20 世纪 90 年代湖南省洪灾原因分析及减灾对策. 水文, 2002, 22(2): 47–50
- 16 叶笃正, 黄荣辉等. 长江黄河流域旱涝规律和成因研究. 济南: 山东科学技术出版社, 1996
- 17 黄忠恕, 李春龙. 长江流域历史水旱灾害分析. 湖泊科学, 2003, 15(增刊): 210–214
- 18 Becker S, Gemmer M, Jiang Tong. Observed and interpolated precipitation trends and variability in the Yangtze catchment area. 湖泊科学, 2003, 15(增刊): 123–129
- 19 刘春葵等. 水文水资源变化预测. 见: 秦大河总主编, 中国西部环境演变评估(第二卷), 中国西部环境变化的预测(丁一汇主编). 北京: 科学出版社, 2002
- 20 姚檀栋, 段克勤, 田立德等. 达索普冰芯积累量记录和过去 400a 来印度夏季风降水变化. 中国科学, 2000, 30(6): 619–627

## Preliminary Analysis on the Relation Between the Evolution of Heavy Floods in the Yangtze River Catchment and the Climate Changes since 1840

SHI Yafeng<sup>1, 2</sup>, JIANG Tong<sup>1</sup>, SU Buda<sup>1, 3</sup>, CHEN Jiaqi<sup>1</sup> & QIN Nianxiu<sup>1, 3</sup>

(1: Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, Nanjing 210008, P. R. China; 2: Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, CAS, Lanzhou, 730000, P. R. China; 3: Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, P. R. China)

### Abstract

Based on the reliable instrumental and/or historical data, 32 heavy flood records in the Yangtze River catchment from 1840 to 2000 were selected and the relation between flood evolution and climate changes were discussed. By analysis, the authors come to following conclusion: in the 19th century cold period (since 1840) before 1910s, there were 13 heavy floods and frequency is 1.9 times /10a; from warm period 1921 to 2000, there were 19 heavy floods and frequency is 2.4 times /10a. During the 20th century, there were two warm phases and in the decades of peak value of preceding one (1920s – 1940s), there were 9 heavy floods and in the second warm phase (1980s and 1990s), there were 8 heavy floods. The observed record of heaviest flood occurred in the ending of preceding warm period (year 1954). The 1990s is the warmest decades in the global and China as well. Influenced mainly by south-east monsoon, the middle and lower reaches of the Yangtze River catchment have experienced their top precipitation record in recent 100 years and the frequency of rainstorm also belonged to the highest in the last 40 years with detailed data source. Perhaps the high frequency of heavy floods in 1990s (5 times/10a) either indicates the significant impact of global warming on water cycle or reflects the higher rainy decades in periodical variation of 30 – 40 years which is related to the variation of monsoon circulation. Accordingly, there are possibilities that magnitude of precipitation and frequency of heavy floods might be drop slightly in the initial stage of 21st century. As to the upper reaches of the Yangtze River catchment, influenced most by southwest monsoon, the late 19th and early 20th century had witnessed a period of more rain and frequent heavy floods, while the last half century of 20th century, with lower heavy floods frequency, belongs to lower precipitation periods. There are great needs to improve the study of climate changes in the upper reaches of the Yangtze River catchment for reasonably predicting its future tendency.

**Keywords:** Floods in the Yangtze River catchment; cold periods in 19th and warm periods in 20th century; summer precipitation in the middle and lower reaches of the Yangtze River catchment; decadal scale variation in 30 – 40a