

# 清代中后期江苏四季降水变化与极端降水异常事件

郑景云, 赵会霞

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 根据清代雨雪档案记载, 重建了 1736~1908 年江苏 6 个府的逐季降水等级序列。分析发现: (1) 1750s、1790s、1830s、1840s 及 1880s 等 5 个年代江苏全省春、夏多雨, 1770s、1780s、1810s 及 1870s 等年代则春、夏少雨; 秋季降水 1750s、1840s、1850s 及 1860s 等 4 个年代通省偏多, 1770s、1810s 及 1890s 等则偏少; 冬季降水 1830s、1840s 及 1890s 等 3 个年代通省偏多; 1820s、1850s 及 1870s 等 3 个年代降水偏少。(2) 1755 年、1823 年、1840 年、1849 年、1883 年、1885 年和 1906 年等 7 年江苏出现极端大涝; 1768 年、1778 年、1785 年、1814 年、1856 年、1873 年、1876 年和 1891 年等 8 年则极端亢旱。(3) 江苏气候在 1830 年前后可能发生过一次转折。其中 1830 年以前降水变化相对和缓, 多雨期和少雨期持续时间较长; 而 1830 年以后, 旱、涝时段频繁交替, 且多发极端旱、涝事件。这一特点与 El Nino 事件在 1830 年以后相对多发相对应。

**关键词:** 降水变化; 极端降水异常事件; 江苏; 清代中后期

**文章编号:** 1000-0585(2005)05-0673-08

## 1 引言

区域历史气候状况的复原研究, 是国际全球变化研究核心计划“过去全球变化”(PAGES)与“气候变率与可预报性”计划(CLIVAR)的重要内容之一, 对于改进气候模式从而增加气候预测的准确性, 以及认识气候变化对人类活动的影响等方面的研究都具有极为重要的意义<sup>[1~2]</sup>。中国由于拥有丰富、连续的历史文献记载, 而被国内、外有关研究计划公认为开展本领域研究的理想区域<sup>[3~4]</sup>。中国学者利用中国历史文献重建的中国 120 个站过去 500 年的旱涝变化<sup>[5]</sup>及中国 45 个地区过去 2000 年旱涝变化<sup>[6]</sup>等历史气候变化序列, 已被国内外学术界广泛引用。

在中国所拥有的各种历史文献记载中, 清代雨雪档案记载被认为是重建高分辨率降水的可靠资料之一<sup>[7]</sup>。近年来, 已有学者利用这份资料重建了一些地区的温度与降水序列<sup>[8~11]</sup>。本文拟利用江苏的记录, 分析、探讨江苏清代中后期(1736~1908 年)4 季降水与极端旱涝事件的变化特征。由于江苏位于“亚热带”和“暖温带”两个气候带之间的过渡区, 也是“极地大陆性”和“热带海洋性”气团强烈交汇的气象灾害多发区(仅 20

收稿日期: 2004-12-28; 修订日期: 2005-04-11

基金项目: 中国科学院 KZCX3-SW-321 项目及国家自然科学基金重点基金(40331013)资助。

作者简介: 郑景云(1966-), 男, 福建莆田人, 研究员。主要从事历史气候与全球变化研究, 发表论文 60 余篇。

E-mail: zhengjy@igsrr.ac.cn

世纪,就有 1931 年、1954 年、1991 年和 1998 年等特大洪涝,以及 1934 年、1978 年和 1994 年等特大干旱年);且自六朝以来,江苏就是我国经济发展程度较高的区域,唐后期至五代以来更成为全国人口最为密集、经济水平最高的地区之一,是全国重要的粮食生产基地。因此,分析探讨江苏降水的长期变化特征对于这一地区的社会经济发展也具有重要的现实意义。

2 资料简介及四季降水等级序列重建

据统计,本文所使用的江苏清代雨雪档案共 7820 件,平均每年约 51 件。其中除 19 世纪有部分年份(如:1802 年、1818~1820 年等共 23 年,占研究时段总长度的 13%)记录丢失外,其余年份的记录均较为完整。按照记录的量化程度,江苏的雨雪分寸记载可分为定量记录和定性描述两种。其中定量记录详细记载各地每次降水过程的持续日数、强度,以及降雨入渗深度(雨分寸)和降雪厚度(雪分寸);定性描述则主要记录各地在某一时段(如旬、月或季)降水状况的总体特征(示例参见文献[11])。与北方省份定量记载占多数相比<sup>[12]</sup>,江苏雨雪档案中的定量记录仅占 20%左右,且多为雪分寸记载。这可能与这一地区降水较北方省份多且频繁,土壤较湿润,地下水位相对较高,从而不易直接观测到降雨入渗深度有关。

表 1 江苏清代(1736~1908 年)四季降水等级的定级标准

Tab 1 The criterion of the seasonal precipitation grade in Jiangsu province during 1736-1908

等级	多寡程度	分级标准	档案记载中的典型用语
1	过多 (洪涝)	持续 2 月或 2 月以上,空间范围遍及全府的降水偏多;或强度大、并造成严重洪涝灾害的降水	“(五、六月间)大雨时行,浹日倾注,诸水并长,秋收无望”;“大雨数昼夜,田禾均被淹没,田河相连,一片汪洋”;“连旬阴雨,沟洫皆盈,湖河骤涨,一片汪洋”。
2	偏多	持续时间 1 月左右的降水偏多;或强度大但未形成严重洪涝灾害的降水	“(五月间)阴雨连旬,田禾淹损,未至成灾”;“(六月间)雨水太勤,一时宣泄不及”;“(春间)阴雨连绵,田禾被淹损,收成有所歉薄”。
3	调匀	晴雨调匀;或春夏季虽有持续 1 月左右的多雨或连晴,但未影响农业生产与收成	“(冬春之际)雪泽沾足普遍”;“(入春以来)雨泽应时”;“(春夏间)雨水调匀、丰收在望”;“(入秋以来)雨水调匀”;“(入冬以来)泽被普(均)沾”。
4	偏少	降水偏少持续时间 1~2 月,但未形成严重的干旱灾害	“(六月)雨泽稀少,望雨甚殷”;“(春、夏间)雨泽较少,但未成灾,收成仍可卜丰稔”。
5	极少 (亢旱)	持续达 2 月或 2 月以上,且严重影响农业灌溉或者漕运用水的降水偏少;或春、夏季持续 1~2 月无雨水(滴雨未见),且其余月份降水没有明显偏多。	“(春、夏间)晴多雨少,无水可车”;“(入夏以来)亢晴日久,田土燥裂,已栽种禾苗多半黄萎,运河干涸”;“(三、四月间)滴雨未见,形已成灾,收成无望”;“(五、六月间)滴雨未见,而后雨水虽属调匀”。

根据江苏清代雨雪档案时(分辨率至少为季,部分记录可分辨至月、旬或天)空(一般可分辨至府,部分记录可分辨至县)记载明确,但定量资料少、定性资料多的特点,我们在通读记载的基础上,采用分等定级的方法建立降水序列。其中具体过程包括:

(1) 通读江苏清代雨雪档案记载,按原始记载所包含的气候信息类型对其进行编号和分类,建立原始记载数据库(数据库结构参见文献[13]的表 2);并对逐件雨雪档案记载按文献[13]表 3 的格式进行字段分解和建库。

(2) 按四季从上述数据库提取各地的降水信息,特别是降水地点、降水时间、降水

类型、降水分寸、农业收成与灾情等信息,形成各地逐季降水信息。

(3) 根据提取的各地逐季降水信息,确定各府逐季的降水状况及全省降水特征。并以表 1 为标准判定松江、苏州、江宁、扬州、淮安、徐州等 6 个府(图 1)的四季降水等级。

据此方法重建的江苏清代(1736~1908 年)降水等级结果如图 2。需要指出的是秋冬两季,特别是冬季由于降水的绝对值及绝对变幅较小,且不易造成农业上的灾害,因而档案记载中除个别年份有较明显的“过多”与“极少”描述外,对降水多寡程度的一般描述均差别较小;从而可能在一定程度上影响了对一些年份秋、冬较大降水异常的判定。但由于秋冬 2 季降水占全年降水的比例较小(以南京和徐州为例,秋季占全年降水的比例分别为:18.4%和 18.2%;冬季分别为 10.7%和 6.2%),因此它们并不对结果分析产生实质性的影响。

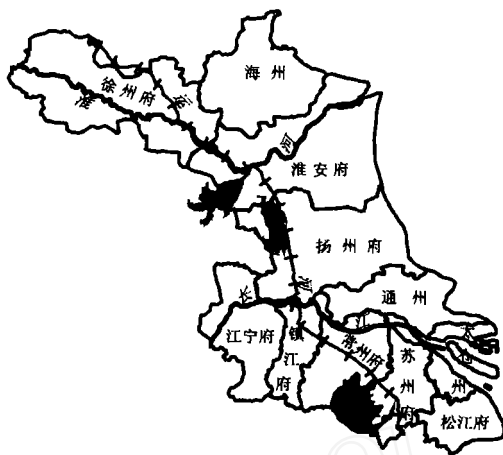


图 1 清代江苏政区示意图

Fig. 1 Map of Jiangsu Province in the Qing Dynasty

### 3 重建结果分析

#### 3.1 极端降水异常的辨识

根据政府间气候变化专门委员会(IPCC)第三次的评估报告定义,极端气候事件是指某一时段内许多天气事件的平均状况是极端的,如一个季度的降水过多或过少<sup>[14]</sup>。为此本文将极端旱、涝事件定义为不但发生了明显的旱、涝事件,而且要同时至少覆盖江苏一半以上的区域。其中具体的辨识标准为:同季节内至少有三个以上地区的降水等级为 1(5),且至多只能有一个府的降水等级为 4 或 5(1 或 2)。据此,可以辨识出 1736~1908 年间,江苏有 15 个年份出现极端降水异常;其中 1755 年、1823 年、1840 年、1849 年、1883 年、1885 年和 1906 年等 7 年为极端大涝年;1768 年、1778 年、1785 年、1814 年、1856 年、1873 年、1876 年和 1891 年等 8 年为极端大旱年;各年的主要降水异常特征见表 2。

#### 3.2 降水年代际变化的时空特征

根据江苏 6 个府 1736~1908 年的四季降水等级重建结果,以 1736~1908 年各府各季的降水等级平均值为标准计算可得:各府各季的年代(其中第 1 个时段只统计 1736~1740 年,最后一个时段只统计 1901~1908 年)降水等级距平百分率(图 3,因篇幅所限,仅给出春、夏季,负值表示降水偏多,正值表示降水偏少)。分析图 3,可以看出:1736~1908 年江苏各府各季降水存在年代际变化,尤以夏季最为明显。从降水变化的空间分布特征看,虽然不同地区的年际降水变化存在一定差异,但年代际的变化趋势则基本一致。其中江南的苏州、松江 2 府,长江沿江和江北的江宁、扬州 2 府,淮河流域的淮安、徐州 2 府各季降水变化的趋势基本一致。仅个别年代南北各府的变化略有不同。其中四季降水年代际变化的主要特征如下:

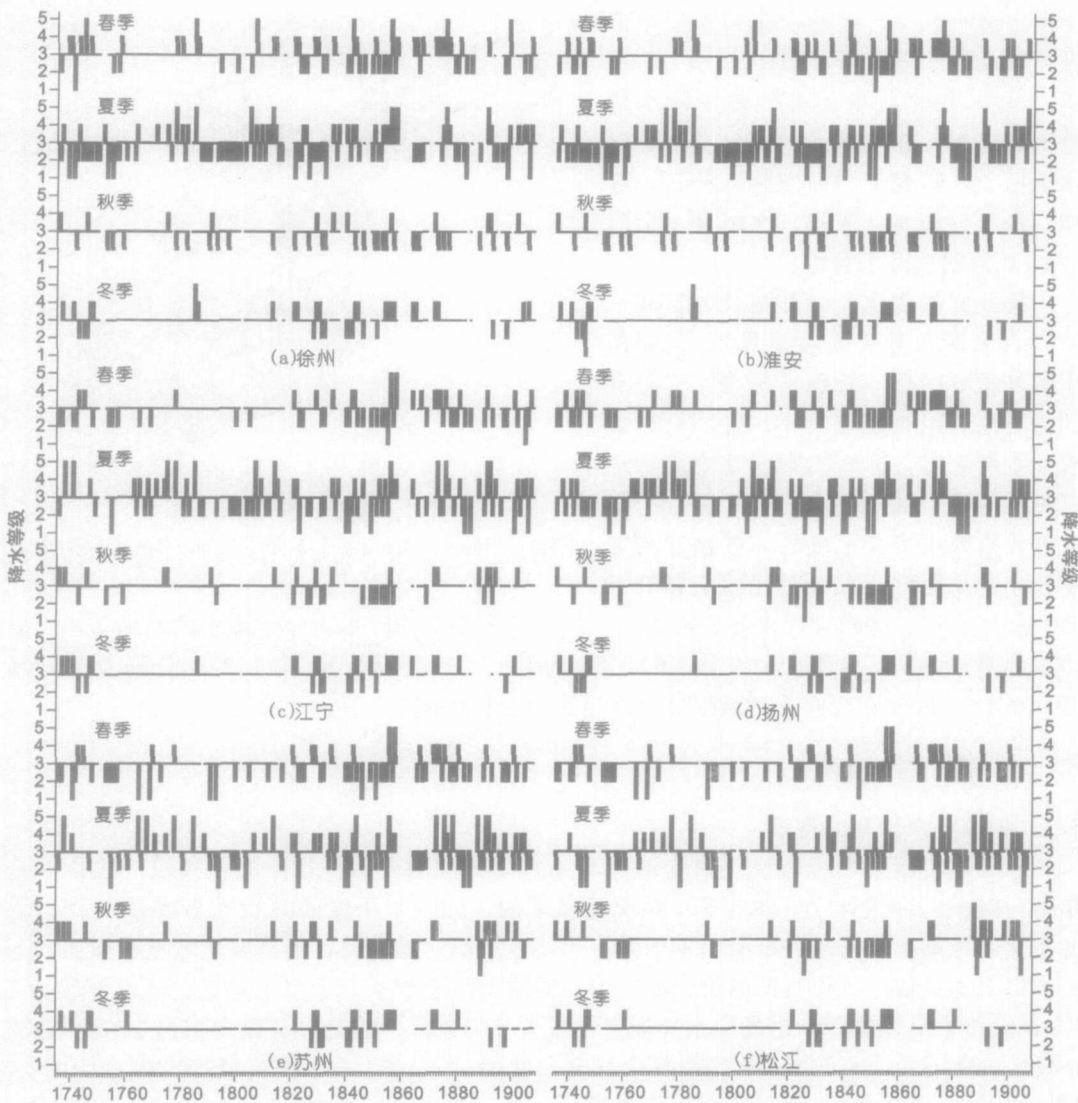


图 2 江苏清代 (1736~1908 年) 四季降水等级序列

Fig. 2 Time series of seasonal precipitation grade in Jiangsu Province during 1736-1908

(1) 春季：苏南的松江、苏州 2 府 1750s, 1790s, 1830s, 1840s, 1860s, 1880s, 1890s 等 7 个年代多雨；1770s, 1780s, 1820s, 1870s 等年代则少雨。江宁、扬州 2 府 1750s, 1830s, 1840s, 1880s, 1890s 等 5 个年代多雨；1770s, 1780s, 1810s, 1860s, 1870s 等年代少雨。苏北的淮安、徐州 2 府 1750s, 1790s, 1830s, 1850s, 1880s 等年代多雨；1780s, 1810s, 1860s, 1870s 等年代则少雨。从通省综合看：1750s, 1790s, 1830s, 1840s, 1850s, 1880s, 1890s 等 7 个年代通省降水偏多；而 1770s, 1780s, 1810s, 1870s 等 4 个年代降水则普遍偏少。

(2) 夏季：苏南的松江、苏州 2 府 1750s, 1790s, 1840s, 1860s, 1880s 等 5 个年代多雨；1770s, 1780s, 1810s, 1850s, 1870s, 1890s 等年代则少雨。江宁、扬州 2 府 1750s,

表 2 江苏清代（1736～1908 年）间极端降水异常年份的主要降水特征

Tab 2 The main characteristics of precipitation in the extreme precipitation anomaly years in 1736～1908

年份	主要降水特征
1755	春、夏 2 季连续降水偏多,范围遍及全省;仅 6 月上、中 2 旬降水稍偏少。其中 8 月下旬台风在江南登陆, 21～23 日江南及沿江地区普降特大暴雨。
1823	从 5 月起至 9 月初,全省持续降水,出现大、暴雨。其中 8 月下旬受台风(登陆地点:通州、泰州等地)影响,江淮地区出现特大暴雨。
1840	全省大多数地区 5～7 月连降大、暴雨,降水持续偏多,仅苏北的徐州、海州等地降水相对较少。
1849	4 月下旬～5 月中旬全省降水稍多;5 月 22～31 日及 6 月 11～19 日全省连降大、暴雨,形成水灾;此后晴雨相间,仅 7 月 20～8 月 14 日降水偏少。但 8 月下旬～9 月中旬,全省又连降大、暴雨。
1883	夏季全省降水持续偏多;其中 8 月 23～24 日受台风登陆影响,全省出现特大暴雨,造成严重水灾
1885	全省春季连阴雨,雨水偏多;夏季江南与江淮地区持续多雨,仅苏北的徐州降水稍少;其中 8 月 11～12 日受台风影响,全省出现暴雨与特大暴雨,形成水灾,尤以沿海地区灾情最重。
1906	4 月下旬～8 月初,全省持续多雨。其中 7 月 31 日～8 月 9 日,全省连续出现大、暴雨,形成严重水灾。虽然 8 月中、下旬降水偏少,但 9～10 月,江北地区再现连阴雨,再次形成涝灾。
1768	3～4 月,江宁、镇江、扬州、淮安等地雨水偏少;6 月下旬～8 月上、中旬,江南和江淮地区雨水稀少,造成较重旱情;仅淮北徐州、海州等地雨水略多,但也较常年为少。
1778	自春末至整个夏季,全省普遍少雨,尤以江北地区最为严重。本年空梅。
1785	春季江北少雨,江南基本正常。本年空梅,且整个夏季全省降水均明显偏少,旱情极重,给农业收成和水运造成了巨大影响。
1814	春季全省降水偏少;梅雨期短、梅雨量小;7～9 月全省降水偏少,特别是江南与江淮明显偏少。
1856	春季全省降水偏少;且本年空梅,同时整个夏季除徐州外,全省大多数地区未得一场透雨,旱情极重。
1873	春季全省降水严重偏少;夏季江南地区降水仍持续偏少,江北地区虽有透雨,但也较少;本年空梅。
1876	自春至夏,全省雨水稀少,干旱极为严重;本年空梅;但秋雨略多。
1891	全省春夏秋 3 季持续降水偏少,造成严重干旱;本年空梅。

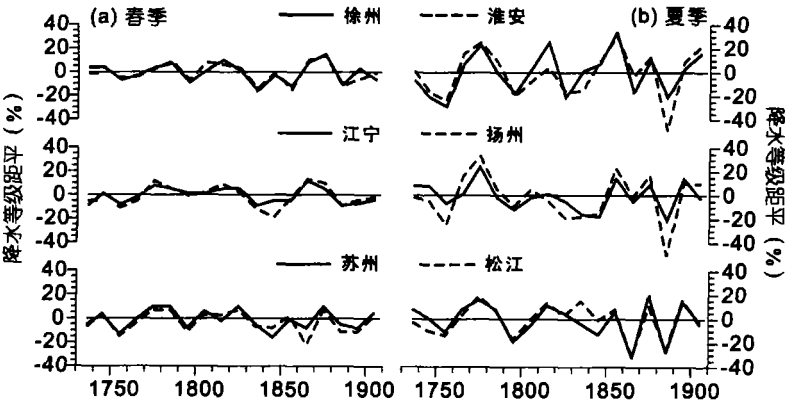


图 3 江苏 6 个府 1736～1908 年的春、夏季降水等级年代距平百分率

Fig. 3 Percentage of decadal precipitation grade anomaly for spring (a) and summer (b) of 6 prefectures in Jiangsu province during 1736-1908

1790s,1820s,1830s,1840s,1880s 等 6 个年代多雨;1760s,1770s,1850s,1870s,1890s 等年代少雨。苏北的淮安、徐州 2 府 1740s,1750s,1790s,1820s,1860s,1880s 等年代多雨;

1760s, 1770s, 1810s, 1850s, 1870s, 1900s 等年代则少雨。从通省综合看: 1740s, 1750s, 1790s, 1820s, 1860s, 1880s 等 6 个年代通省夏季降水偏多; 而 1760s, 1770s, 1810s, 1850s, 1870s, 1890s 等 6 个年代夏季降水则普遍偏少。综合春、夏 2 季, 则是 1750s, 1790s, 1830s, 1840s 及 1880s 等 5 个年代通省多雨, 而 1770s, 1780s, 1810s 及 1870s 等 4 个年代通省春、夏少雨。

(3) 秋、冬季: 全省各府的降水变化趋势基本一致, 且变化幅度也不大。其中 1750s, 1840s, 1850s, 1860s 等年代通省秋季降水偏多; 1770s, 1810s, 1890s 则偏少。1830s, 1840s, 1890s 等年代通省冬季降水偏多; 1820s, 1850s, 1870s 等年代降水则偏少。

3.3 降水变化与 El Nino 事件的对应关系分析

从图 2 中可以看出: 1830 年前后, 江苏各府各季的降水变化特征都发生了较大转变。1736~1830 年, 江苏各府各季降水的变化比较和缓, 降水偏多和偏少的幅度不太大; 1830 年后, 江苏的降水表现出了不稳定的特点, 旱涝时段快速交替, 较大强度的旱、涝事件也频繁发生。为进一步说明这一问题, 并探讨这一变化的可能原因, 本文对江苏 6 府及全省 1736~1908 年各年代降水异常的出现频次和同时期 El Nino 事件 (年表由 Quinn 等<sup>[15]</sup>重建) 出现的年数进行了对比分析 (图 4, 为节省篇幅各府图略)。其中各府降水等级为 1 和 5 的季节定为 1 级异常, 降水等级为 2 和 4 的季节定为 2 级异常, 各年代的降水异常出现频次为发生降水异常的季节数之和, 全省降水异常出现频次为 6 府总和。因资料原因, 其中第 1 个时段只统计 5 年 (1736~1740 年), 最后一个时段只统计 8 年 (1901~1908 年)。图 4 显示: 1830 年以后, 江苏各府各季降水异常的出现频次显著增加, 并持续维持较高水平; 且 1736~1908 年的 15 次极端大旱大涝事件中, 1830 年以前的 95 年中仅占 6 次, 而 1830 年以后的 78 年却出现了 9 次。这说明在 1830 年前后, 江苏气候可能发生过一次大的转折。而根据 Quinn 重建的 El Nino 年表, 1830 年后也是 El Nino 事件的多发期; 而且 2 者在 1736~1908 年间的低频变化趋势几乎完全一致。可见 1830 年后江苏降水变化的不稳定和 El Nino 事件的多发相对应。由此可以推测 1830 年前后江苏降水特征的转变可能是历史时期大气候系统特

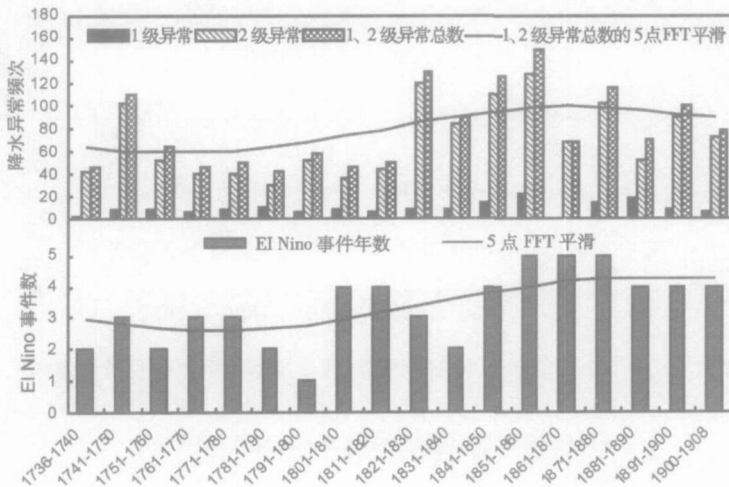


图 4 江苏 1736~1908 年各年代降水异常出现频次(上)和同时期 El Nino 事件年数(下)的对比

Fig. 4 Comparison between seasonal precepitation anomaly events in Jiangsu (up) and El Nino events (down) during 1736-1908

征发生转变的结果。

## 4 结语与讨论

通过上述分析可以得到江苏清代中后期(1736~1908 年)降水变化的主要特征如下:虽然不同地区的年际降水变化存在一定差异,但年代际的变化趋势则基本一致。仅个别年代南北各府的变化略有不同。其中 1750s、1790s、1830s、1840s 及 1880s 等 5 个年代江苏全省春、夏多雨,1770s、1780s、1810s 及 1870s 等年代则春、夏少雨;秋季降水 1750s、1840s、1850s 及 1860s 等 4 个年代通省偏多,1770s、1810s 及 1890s 等则偏少;冬季降水 1830s、1840s 及 1890s 等 3 个年代通省偏多;1820s、1850s 及 1870s 等 3 个年代降水偏少。(2) 1736~1908 年间,江苏有 15 个年份出现极端降水异常;其中 1755 年、1823 年、1840 年、1849 年、1883 年、1885 年和 1906 年等 7 年为极端大涝年;1768 年、1778 年、1785 年、1814 年、1856 年、1873 年、1876 年和 1891 年等 8 年为极端大旱年。(3) 在 1830 年前后,江苏气候可能发生过一次大的转折。1830 年以前江苏气候比较稳定,降水多寡变化比较和缓,多雨期和少雨期持续时间较长;1830 年后,江苏气候表现出了不稳定的特点,旱、涝时段频繁交替,极端旱、涝事件多发。这与 El Nino 事件在 1830 年以后相对多发相对应,说明 1830 年前后江苏降水特征的转变可能是历史时期大气候系统特征发生转变的结果。

上述这些认识不但对江苏省今后的降水变化预估有重要参考价值,而且对进一步了解东亚季风的长期变化也有重要的科学意义。同时,本研究是利用清代档案资料进行南方地区降水变化研究的一次重要尝试,对于合理利用南方地区的清代档案资料进行气候变化研究具有开拓意义。

## 参考文献:

- [1] Eddy J A. Past Global Changes Project: Proposed Implementation Plans for Research Activities. Global Change Report No. 19, International Geosphere-Biosphere Programme, Stockholm, Sweden. 1992. 1~112.
- [2] Duplessy J C, Overpeck J. The PAGES/CLIVAR INTERSECTION-Providing paleoclimatic perspective needed to understand climate variability and predictability. Coordinated research objectives of the IGBP and WCRP programs, Venice, Italy. 1994. 9.
- [3] Bradley R S. High Resolution Record of Past Climate from Monsoon Asia: The Last 2000 Years and Beyond. Recommendations for Research. PAGES Workshop Report, Series 93~1, 1993. 1~24.
- [4] 国家自然科学基金委员会. 全球变化:中国面临的机遇和挑战. 北京:高等教育出版社,1998. 61~75.
- [5] 中央气象局气象科学研究院. 中国近 500 年旱涝分布图集. 北京:地图出版社,1981. 332.
- [6] 张丕远,王铮,刘晓雷,等. 中国近 2000 年气候演化的阶段性. 中国科学(B 辑),1994,24(9):998~1008.
- [7] 葛全胜,张丕远. 历史文献中气候信息的评价. 地理学报,1990,45(1):24~29.
- [8] 郝志新,郑景云,葛全胜. 1736 年以来西安气候变化与农业收成的相关性分析. 地理学报,2003,58(5):735~742.
- [9] 郑景云,葛全胜,郝志新,等. 1736~1999 年西安与汉中地区年冬季平均气温序列重建. 地理研究,2003,22(3):343~348.
- [10] 郑景云,郝志新,葛全胜. 重建清代逐季降水的方法与可靠性——以石家庄为例. 自然科学进展,2004,14(4):475~480.
- [11] 郑景云,郝志新,葛全胜. 山东 1736 年来逐季降水重建及其初步分析. 气候与环境研究,2004,9(4):551~566.
- [12] 郑景云,郝志新,葛全胜. 黄河中下游地区过去 300 年降水变化. 中国科学(D 辑),2005,35(8):765~774.

- [13] 郑景云, 郝志新, 狄小春. 历史环境变化数据库的建设与应用. 地理研究, 2002, 21(2): 146~154.
- [14] IPCC [Houghton J T, Ding Y, Griggs DJ, *et al.* (eds)]. Climate Change 2001: The Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2001. 790.
- [15] Quinn W H, Neal V T. The historical record of El Nino events. In: Bradley R S, Jones P D, (eds). Climate since A. D. 1500. London and New York: Retergue, 1995. 623~648.

## Variation of seasonal precipitation and extreme events in Jiangsu Province during 1736-1908

ZHENG Jing-yun, ZHAO Hui-xia

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract** :Based on the snow and rainfall archives in the Qing Dynasty, the seasonal precipitation grade series of 6 prefectures in Jiangsu province from 1736 to 1908 were established. Then the temporal and spatial patterns of the precipitation in Jiangsu province were analyzed and the extreme events in Jiangsu province from 1736 to 1908 were also identified. The results can be summarized as follows: (1) Although the interannual variations of precipitation for 6 prefectures are different, the interdecadal variations are similar except in a few decades. In Jiangsu province, it was rainy in spring and summer during the 1750s, 1790s, 1830s-1840s and 1880s, whereas it was rainless in the 1770s-1780s, 1810s and 1870s. The autumn precipitation in Jiangsu province was higher than the normal in the 1750s, 1840s-1850s and 1860s, but lower in the 1770s, 1810s and 1890s. The winter precipitation in the 1830s-1840s, and 1890s was relatively high, but it was relatively low in the 1820s, 1850s and 1870s. (2) From 1736 to 1908, there were 15 extreme events of flood or drought in Jiangsu province. In which 1755, 1823, 1840, 1849, 1883, 1885 and 1906 were extreme flood years; and 1768, 1778, 1785, 1814, 1856, 1873, 1876 and 1891 were extreme drought years. (3) There was probably an abrupt change of climate around 1830 in Jiangsu province. From 1736 to 1830, the climate was stable and the variation of precipitation was moderate. Whereas after 1830 the climate showed the instability, and the rainy and droughty periods alternated frequently with anomaly increased extreme events of flood or drought. A comparative analysis showed that the instability of climate was correspondent with the high frequency of El Nino after 1830. These results are not only important reference for the precipitation projection in the future in Jiangsu province, but also great significance for the study on the long-term variations of East Asian Monsoon.

**Key words** :variation of seasonal precipitation; extreme event; Jiangsu Province; 1736-1908