

# 气候变迁对清代华北平原的动乱事件的影响\*

雷鸣 殷永昆 俞炜华<sup>①</sup>

**【摘要】** 本文应用 Poisson 模型分析气候、人口、政府救灾能力等因素对清代华北平原地区动乱事件发生频数的影响。研究发现：降水的增加会持续显著降低动乱发生的频次，但干旱的增加则只会短时间内显著增加动乱的频次；蝗灾的增加在较长的时滞后会增加动乱频次；温度的增加会减少动乱的频次，但影响幅度随时间推移呈现 U 形。气候变化对动乱的影响在兴盛期和衰退期存在显著的差异。

**【关键词】** 气候冲击 政府能力 华北动乱

## Effect of Climatic Change on Unrest in North China Plain during Qing Dynasty

Lei Ming Yin Yong-kun Yu Wei-hua

**Abstract:** This paper applies Poisson regression to analyze the impact of climate shock, population, and governmental ability on unrest in North China Plain during Qing Dynasty. The results reveal that precipitation decreases the frequency of unrest persistently, while drought increases frequency of unrests in a short time, increase in temperature decreases frequency of unrest and its impact is U-shaped. Generally, the effects of climatic change is significantly different in the period of prosperity and decline.

**Keywords:** Climatic impact State Capacity Unrest in North China Plain

### 一、引言

气候作为人类行为的外生约束条件，对人类社会的发展有着重要的影响。随着全球气候变暖成为学术界关注的重大核心问题，研究气候变迁与历史发展之间的关系也成为全球气候变迁研究的最重要的组成部分之一。相对于其他国家，中国历史上良好的文献保存传统使得其成为研究气候变迁与历史发展之间关系的重要题材。

动乱作为影响历史发展重要因素之一，其与气候变迁之间的关系一直是该领域重要的研究议题，早在1930年代，李四光（2005）就对战国后中国的内乱、治乱循环与气候变迁之间的关系做过说明。随着古气候、灾害等数据的时间序列逐步得到重建，定量研究文献大量出现。

章典等（2004），David D. Zhang 等（章典等，2005）对中国唐末到清的战争、社会动乱和社会变迁进行对比分析，结果发现：无论是战争总量、动乱频数还是全国范围内的动乱大多发生在冷期，但气温与战争之间的关系存在地域的差别。Zhibin Zhang 等（张知彬等，2010）应用中国公元 10 年至 1900 年水旱及蝗虫灾发生频率、多种气温序列和游牧入侵、内战和米价数据发现：低温是导致气象、农业灾害和人为灾害（战争）的驱动力；公元 950

\*感谢中国人民大学萧凌波老师提供清代华北平原地区动乱和旱涝指数等数据；感谢台湾中研院经济所詹维玲副研究员对本文实证的建议。感谢中央高校基本科研业务费专项资金“中国古代朝代更迭的经济分析(sk2011028)”的资助。

<sup>①</sup> [作者简介] 雷鸣，西安交通大学人文学院社会学系博士生；

殷永昆，西安交通大学金禾经济研究中心硕士研究生；

俞炜华，西安交通大学金禾经济研究中心副教授，博士生导师。

年至 1900 年, 气温变冷通过旱灾和蝗灾发生频率增加间接地导致内战增加; 内部战争和外敌入侵与米价之间存在强的正相关。王俊荆(2007)应用公元 1-1911 年气候和分区域、性质的战争频数数据发现: 暖期的降温达到一定程度也会导致战争的爆发; 气温对各地区战争的影响并不一致, 但旱灾的作用明显; 在中原及南方地区与暖、冷相对应的水、旱灾对战争均有影响。叶瑜等(2004)应用清代中后期山东地区的水旱灾和动乱数据发现: 在 1800-1850 年, 动乱与旱灾之间在时空分布上吻合度较高, 但 1870 年后, 人地比和赋税的作用加大, 旱灾与动乱之间的关系变得不显著, 而移民也减少了气候变迁对动乱的影响。萧凌波等(2011)研究了气候变迁与清代华北地区动乱之间的关系, 研究发现: 在世纪尺度上冷期或降温期动乱数量多于暖期或升温期; 相较于洪涝, 干旱与动乱之间正向关系更为明显; 但在较短尺度上, 气候变化与动乱之间的关系不明显; 在清末, 随着人地比矛盾的激化, 其对动乱的影响程度也逐渐加大。Qiang Chen(陈强, 2015)基于公元 25-1911 年中国北方动态灾害面板数据, 研究了气候与农民起义之间的关系, 该文认为: 严重的饥荒和王朝年龄与农民起义之间呈现正相关, 而政府救灾作为国家能力的代理变量起着显著的缓解作用。旱灾和蝗灾等负向气候冲击主要通过严重饥荒影响农民起义, 人口密度、温度和其它气候冲击(洪水、决堤和冰雪和霜冻等)的影响甚微。

从上述研究可知, 尽管气候与内乱之间的关系成为学术界重要研究议题, 但现有研究, 除陈强(2015)外, 多为气候数据和动乱数据的简单对比(两两相关性检验), 对两者间的关系缺乏更为深入的检验, 也没有控制气候之外的其他因素对内乱的影响。本文将在萧凌波研究的基础上, 应用 Poisson 回归等多元统计方法, 对气候变迁、政府救灾能力、人口压力等因素对华北平原动乱之间的关系进行研究。

本文的结构如下: 第一部分为引言; 第二部分为数据说明; 第三部分为基本的计量模型和假设生成; 第四部分为基本统计分析和实证检验; 第五部分为稳健性检验和时间趋势分析; 第六部分为总结。

## 二、数据说明

### (一) 研究区域

与萧凌波等的定义相一致, 本研究区域为据 1820 年行政区划华北平原限定为清代直隶省的长城以内各地, 并加入豫北及鲁西北部分地区, 总计 22 府(包括直隶州) 198 县(包括散州)。包括现河北省大部, 山东省西北部和河南省东北部。

### (二) 动乱数据

动乱数据为萧凌波等(2011)根据《清实录》和《义和团运动史事要录》整理出来的民变、盗匪和起义数据, 频次为县/年。

### (三) 气候数据

本研究所用气候数据为气温数据、旱涝指数、蝗虫灾害次数和瘟疫次数。

尽管华北地区有王绍武(1990)重建的气温距平序列, 但该序列的分辨率为 10 年。为此, 本研究采用 Tan et al. (谭明等, 2003)根据北京石花洞钟乳石的年轮厚度转换得到的分辨率为 1 年夏季气温重构序列作为华北地区的气温序列。

水旱灾指数为萧凌波等（2011）根据《中国近五百年旱涝分布图集》（中央气象局气象科学研究院主编，1981）中研究范围内的 10 个站点提取出来的旱涝等级值计算出来的旱涝指数。

蝗虫灾害次数来源于张德二等（2004）《中国三千年气象记录总集》中清代华北平原地区的蝗虫记录，频次为县/年。

#### （四）政府救灾能力数据

政府救灾能力的高低对于动乱的发生频次有着重要的影响。本文以王朝兴衰作为政府救灾能力的代理变量。虽然王朝兴衰可能受内乱影响，但因兴衰是整个国土之内长时间多种因素影响的结果，所以仅仅华北地区一年的内乱对王朝兴衰之影响可以忽略不计。

王朝兴衰数据来源于冯敏飞（2014）。清代的兴盛期包括康雍乾盛世（1681—1796年）和同光中兴（1864—1893 年）<sup>①</sup>，其余年份记录为衰。兴衰为虚拟变量，兴盛年份定义为1，衰退年份定义为0。

#### （五）人口（人地比）数据

因缺乏确切的年华北地区人口（人地比）数据，无法形成人口或人地比的时间序列。为此，本研究按萧凌波（2011）等研究，华北地区的人地比存在两个重要的时间节点，即 18 世纪中后期（人均耕地面积逐渐降至四亩以下）和 19 世纪早期（人均耕地面积降至三亩以下）。按该文所列“清代华北平原人地矛盾的阶段性变化”图，两个时间节点大约为 1760 年和 1820 年。为此，本文设置两个虚拟变量：人口 1 与人口 2。人口 1 从 1644 年至 1760 年取值为 0，从 1761 年至 1911 年取值为 1。人口 2 从 1644 年至 1820 年取值为 0，从 1821 年至 1911 年取值为 1。

#### （六）移动平均

本研究气候数据以当前期的前三年的移动平均作为解释变量。具体有以下两个原因：第一、对于年数据，存在战乱在期初，而灾害等在其后的现象，两者之间不可能存在因果关系。因此，需要将以前（几）年的平均气温和灾害作为影响该期动乱的影响因素；第二、气候变迁对该期动乱的影响有滞后效应。如前三年中如果第一年和第二年气候条件很好，而第三年气候条件不好，因为政府和民间有一定的财富和粮食累积，动乱对第三年气候条件不好的反应可能是不敏感的。而 AIC，BIC 或其它信息标准等判断滞后期的方法无法反映这种特征。因此，本研究以气候（包括气温、旱涝指数、蝗虫灾害等）前 3 年移动平均作为解释变量，并在稳健性检验和时间趋势分析中探究解释变量是气候变量前 1 年、前 2 年、前 4 年和前 5 年的移动平均的实证结果，并将其与前 3 年移动平均的结果进行对比分析。

### 三、计量模型和假设生成

#### （一）计量模型

---

<sup>①</sup> 按照冯的数据，同光中兴时间与同治和光绪的统治时间1861-1908 相吻合，但太平天国起义到1864 年才被平定，1894 年爆发的中日甲午战争使得中兴的进程被打断，因此，本研究将同光中兴的时间定义为1864-1893 年。

因战争频数是一个非负整数，且次数可以取到有限整数值，所以可以用泊松分布来刻画这种具有随机性的整数数据。基于此，本文构建整数计数模型，即 Poisson 回归模型，详见式（1）：

$$E(\text{动乱次数} | \text{人口1, 人口2, 救灾能力, 温度, 水(或旱), 蝗}) \\ = \exp(\beta_0 + \beta_1 * \text{人口1} + \beta_2 * \text{人口2} + \beta_3 * \text{救灾能力} + \beta_4 * \text{温度} \\ + \beta_5 * \text{水(或旱)} + \beta_6 * \text{蝗} + \gamma X) \quad (1)$$

其中，动乱次数表示华北平原每年的动乱频数；人口1和人口2为前文所述之虚拟变量；政府救灾能力以虚拟变量兴衰作为代理变量；温度表示该地区前三年的平均温度距平，水表示该地区前三年的平均涝指数，旱表示该地区前三年的平均旱指数；蝗表示该地区前三年的平均蝗灾发生次数； $X$ 表示可能存在的以上解释变量的非线性组合形式。 $E(\text{动乱次数} | \text{人口1, 人口2, 救灾能力, 温度, 水(或旱), 蝗})$ 表示在给定(人口1, 人口2, 救灾能力, 温度, 水(旱), 蝗)的情况下，动乱次数的期望值，其中  $\exp(\cdot)$  是以  $e$  为底的指数函数。

## （二）假设生成

### 1. 气候变迁

气候变迁是影响中国古代内乱的重要因素之一，但各气候变迁变量对内部动乱的影响方向可能存在差别。

张家诚（1982）研究表明，气温上升能大幅度提升粮食产量，而粮食产量的增加能减少动乱的次数。但从张知彬（2010）的研究可知，气候变化是通过旱灾和蝗灾等间接作用于动乱；萧凌波等（2011）的研究也表明，气温对动乱的影响是较长时间尺度，在短期并无显著的相关性。因本研究是基于短时间尺度，为此，本研究得出假设1。

H1：清代华北平原地区动乱频数与气温不存在相关性。

张家诚（1982）研究同样表明，降水的增加能大幅度提升粮食产量，进而有利减少动乱的发生。而王俊荆（2007）的研究也表明，降水与战争之间存在负向关系。为此，本研究得出假设2。

H2：清代华北平原地区动乱频数与降水呈现负相关关系。

王俊荆（2007）、叶瑜等（2004）、张知彬（2010）、陈强（2015）等研究均表明，干旱会造成动乱（战争）的增加，为此，本研究得出假设3。

H3：清代华北平原地区动乱频数与干旱呈现正相关关系。

张知彬（2010）、陈强（2015）等研究表明，蝗灾数量的增加会增加动乱的频次，为此，本研究提出假设4。

H4：清代华北平原地区动乱频数与蝗呈现正相关关系。

### 2. 政府救灾能力

王朝在兴盛期一般政府行政效率较高，财力较为充足，救灾能力较强，这会减少因不利冲击而发生动乱的可能性。为此，本研究得出假设5。

H5：清代华北平原地区动乱频数与兴盛呈现负相关关。

### 3. 人口

在技术进步缓慢的前提下，人口数量的增加会减少人地比，进而减少劳动投入的边际产

出，进而增加动乱。为此，本研究得出假设 6。

H6: 清代华北平原地区动乱频数与人口数量呈现正相关关系。

4. 交叉影响

本研究对政府统治能力（救灾能力）与气温以及降水、旱和蝗虫的交叉项进行分析。从陈强（2015）的研究表明，在统治能力较强时，政府救灾的能力也比较强，因此，气候变迁对动乱的影响比较小，而在政府统治能力较弱时，气候变迁对动乱的影响比较大。为此，本研究得出假设 7、8、9 和 10。

H7: 在兴盛期，温度降低对清代华北平原地区动乱频数的负面影响较小，但在衰退期，温度低对清代华北平原地区动乱频数的负面影响较大。

H8: 在兴盛期，降水增加对清代华北平原地区动乱频数的正面影响较小，但在衰退期，降水增加对清代华北平原地区动乱频数的正面影响较大。

H9: 在兴盛期，干旱增加对清代华北平原地区动乱频数的负面影响较小，但在衰退期，干旱增加对清代华北平原地区动乱频数的负面影响较大。

H10: 在兴盛期，蝗灾增加对清代华北平原地区动乱频数的负面影响较小，但在衰退期，蝗灾对清代华北平原地区动乱频数的负面影响较大。

四、实证检验

（一）基本统计分析

表 1 为以本研究统计量的基本信息。其中，avg3 表示三年移动平均。

表 1 相关统计量的基本信息

变量	最小值	中位数	最大值	均值	标准差
avg3 温度	-0.69029	0.40921	1.05467	0.33194	0.40122
avg3 涝指数	0	0.19667	0.95667	0.21454	0.15328
avg3 旱指数	0	0.13333	0.63333	0.16536	0.13032
avg3 蝗灾	0	2	49	3.41635	5.35765
兴衰	0	1	1	0.55094	0.49834

注：样本量为 265。

为了保证回归模型不会出现较大的偏差，本研究对不同自变量之间的进行相关性检验，结果见表 2。

表 2 相关系数矩阵

变量	avg3 温度	avg3 涝指数	avg3 旱指数	avg3 蝗灾	兴衰
avg3 温度	1.0000				
avg3 涝指数	0.0177	1.0000			
avg3 旱指数	0.0306	-0.6378	1.0000		
avg3 蝗灾	0.0118	-0.0343	0.1937	1.0000	

兴衰	-0.2829	-0.0570	-0.0600	-0.2560	1.0000
----	---------	---------	---------	---------	--------

从表 2 可以得出, avg3 旱指数和 avg3 涝指数之间的相关性为-0.6378, 两者之间存在较强的负相关性。其他变量之间的相关性均在合理范围内。

为解决旱涝指数之间的相关性, 本研究将分别在模型一中放入 avg3 涝指数, 在模型二中放入 avg3 旱指数。

## (二) 模型一: 不考虑旱指数情况下的实证模型

表 3 报告了除旱指数外其他变量对华北地区动乱频数影响的估计结果。模型 (1) 的自变量有人口 1、人口 2、前三年平均蝗灾; 前三年平均温度、前三年平均涝指数和兴衰。模型 (2) 在上述变量的基础上加入平均三年温度和兴衰的交叉项。模型 (3) 在模型 (1) 的基础上加入三年平均涝指数和兴衰的交叉项。模型 (4) 在模型 (1) 基础上加上三年平均蝗灾和兴衰的交叉项。

从上述结果可得:

从人口变量看: 人口变量 1 和人口变量 2 在四种情况下均显著为正, 这意味着随着人口的增加和人地矛盾的激化, 华北平原地区的动乱也随之增加。在技术变迁速度不足以弥补人口增长的情况下, 马尔萨斯制约是造成华北平原地区动乱的重要因素。

从气候变迁变量看: 1) 前三年平均蝗虫灾害在这四种情况下为正且显著, 即蝗虫灾害是造成华北平原地区动乱的重要原因, 这一点与 Zhibin Zhang 基于全国长时段数据所进行的回归的结果相一致。2) 前三年平均温度在四种情况下结果均为负, 即温度上升会减少动乱的次数, 但结果不显著。3) 前三年平均涝指数在四种情况下均显著为负, 即降水的增加会减少华北平原地区动乱的次数。

从王朝兴衰看: 在四个模型中, 均发现王朝兴衰与动乱次数之间呈现负向关系, 即华北地区的动乱在清朝统治力强盛期较少, 而在衰退期较多。但该变量在考虑涝指数与其交叉项, 以及该变量与蝗灾交叉项时, 显著性下降。

从交叉项看: 1) 在模型 (2) 加入气温与王朝兴衰交叉项时, 气温和气温与王朝兴衰的交叉项均不显著, 兴衰的显著性没有发生变化。2) 在模型 (3) 加入三年平均涝指数与王朝兴衰的交叉项时, 交叉项显著为负, 这意味着降水减弱动乱的效果在兴盛期比在衰退期更为明显。3) 在模型 (1) 中加入蝗灾与王朝兴衰交叉项时, 交叉项显著为负: 在衰弱期, 蝗灾会增加动乱; 在兴盛期, 蝗灾会轻微减少内乱, 但从数值上来看其影响极小。

由此可得, 在不考虑旱指数的情况下, H1、H2、H4、H5、H6、H10 均通过实证的检验。但考虑交叉项的 H7、H8 没有得到支持。

表 3 不考虑旱指数情况下的实证结果

自变量	(1)	(2)	(3)	(4)
人口1	1.479*** (0.254)	1.511*** (0.256)	1.515*** (0.254)	1.418*** (0.254)
人口2	1.740*** (0.142)	1.728*** (0.142)	1.770*** (0.143)	1.758*** (0.143)

兴衰	-0.641*** (0.101)	-0.853*** (0.177)	-0.0176 (0.165)	-0.282* (0.161)
avg3温度	-0.0857 (0.150)	-0.298 (0.208)	-0.0499 (0.158)	-0.0490 (0.152)
avg3涝指数	-1.252*** (0.272)	-1.293*** (0.271)	-0.620** (0.293)	-1.095*** (0.276)
avg3蝗灾	0.00789* (0.00424)	0.00829* (0.00428)	0.0101** (0.00423)	0.00898** (0.00421)
avg3温度*兴衰		0.422 (0.289)		
avg3涝指数*兴衰			-3.095*** (0.706)	
avg3蝗灾*兴衰				-0.190*** (0.0717)
截距	-0.945*** (0.225)	-0.832*** (0.235)	-1.162*** (0.231)	-0.960*** (0.226)
样本量	265	265	265	265

注：括号内为标准误；

\*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ .

### (三) 模型二：不考虑旱指数情况下的实证模型

表 4 报告了除涝指数外其他变量对华北地区动乱频数影响的估计结果。模型（1）的自变量有人口 1、人口 2、前三年平均蝗灾；前三年平均温度、前三年平均旱指数和兴衰。模型（2）在上述变量的基础上加入平均三年温度和兴衰的交叉项。模型（3）在模型（1）的基础上加入三年平均涝指数和兴衰的交叉项。模型（4）在模型（1）基础上加上三年平均蝗灾和兴衰的交叉项。

从上述结果可得：

从人口变量看：与模型一相一致，人口变量 1 和人口变量 2 在三种情况下均显著为正。

从气候变迁变量看：1) 前三年平均蝗虫灾害在这四种情况下其系数均为正，即蝗灾会增加华北平原的动乱次数，但结果均不显著。2) 前三年平均温度在四种情况下结果均为负，即温度上升会减少动乱的次数，但结果不显著。3) 前三年平均旱指数在三种情况下均显著为正，即旱程度的增加会增加华北平原地区动乱的次数。

表 4 不考虑涝指数指数情况下的实证结果

自变量	(1)	(2)	(3)	(4)
人口1	1.515*** (0.254)	1.538*** (0.256)	1.515*** (0.254)	1.450*** (0.254)
人口2	1.648*** (0.142)	1.639*** (0.142)	1.646*** (0.142)	1.680*** (0.143)

兴衰	-0.675*** (0.0999)	-0.824*** (0.176)	-0.781*** (0.153)	-0.287* (0.161)
avg3温度	-0.0292 (0.148)	-0.175 (0.204)	-0.0273 (0.149)	-0.00134 (0.149)
avg3旱指数	1.201*** (0.296)	1.211*** (0.294)	0.980** (0.381)	1.024*** (0.303)
avg3蝗灾	0.00547 (0.00447)	0.00577 (0.00450)	0.00668 (0.00465)	0.00711 (0.00444)
avg3温度*兴衰		0.293 (0.285)		
avg3旱指数*兴衰			0.551 (0.598)	
avg3蝗灾*兴衰				-0.201*** (0.0709)
截距	-1.396*** (0.222)	-1.326*** (0.230)	-1.358*** (0.225)	-1.352*** (0.221)
样本量	265	265	265	265

注：括号内为标准误；

\*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ .

从王朝兴衰看：在四个模型中，均发现王朝兴衰与动乱次数之间呈现负向关系，即华北地区的动乱在兴期较少，而在衰退期较多。但该变量在考虑旱指数与其交叉项，以及该变量与蝗灾交叉项时，显著性下降。

从交叉项看：1) 在模型（2）中加入气温与王朝兴衰交叉项时，气温和气温与王朝兴衰的交叉项均不显著，兴衰的显著性没有发生变化。2) 模型（3）加入了三年平均旱指数与王朝兴衰的交叉项时，交叉项不显著，3) 模型（4）加入了蝗灾与王朝兴衰交叉项时，蝗灾接近 10% 显著，而交叉项的系数显著为负。从影响的幅度来看，蝗灾在王朝统治能力较弱时能增加动乱频数，但是在王朝统治能力较强时反而会轻微减少动乱频数。

由此可得，在不考虑旱指数的情况下，H1、H3、H5、H6、H10 能通过实证的检验。但考虑交叉项的 H7、H9 没有得到支持。

## 五、稳健型检验和时间趋势分析

为分析上述研究结论是否稳健，即实证结果是否随着平均年份的变化而变化，以及变化随时间推移的规律，在这部分将气候变迁前 1、2 年平均和前 4、5 年平均实证所得结论与上述结论进行简要的对比。

无论是只考虑涝指数还是只考虑旱指数，从气候变量平均前 1-5 年的实证结果看，尽管在显著性方面出现轻微的变化，但系数的正负并没有发生变化，因此本研究的实证结果具有很好的稳健性。尤其是在十个实证检验中，人口 1、人口 2、兴衰这三个变量



在方向、显著性等方面均没有发生变化，说明这三个变量具有高度的稳健性。

在不考虑旱指数的回归中，本研究发现：1) 对于涝指数，从平均前 1 年到平均 4 年及其与兴衰的交叉项看，其方向和显著性基本没有发生大的变化，唯一的变化是平均 1 和 2 年时，在考虑其与兴衰的交叉时，其变得不显著，但交叉项依旧显著；但在 5 年平均年时，除其与兴衰的交叉项仍旧显著外，其它结果不显著。可能的原因是降水对动乱的影响的滞后作用存在时间较短；而且降水对动乱的长期影响受政府的统治能力影响，即降水增加在统治能力强盛时才减少内乱；但是在衰退期降水对内乱的影响变弱，甚至无显著影响。2) 平均前 1 年和 2 年平均蝗灾的结果尽管为正，但均不显著，从平均 3 到 5 期，蝗灾的影响开始显著，并且系数随着平均年份的增加而增加，这说明蝗灾可能存在显著的滞后效应，从平均前 1 年到平均前 5 年，其对动乱的影响程度上升；而从蝗灾与兴衰的交叉项看，前 1 年不显著，但前 2-5 年平均却一直显著，且该交叉项却一直为负，这说明蝗灾在王朝衰弱期会增加内乱，但在王朝兴盛期反而轻微增加内乱。3) 对于温度，平均前 1 年温度在四个回归中均在 1% 水平上显著为负，且其与兴衰的交叉项也为显著为正，但在平均前 2 年和平均前三年尽管系数仍为正，但除前 2 年其与兴衰交叉的回归模型中前 2 年平均温度和交叉项均显著外，其余回归模型不显著，在平均前 4 年和 5 年的回归模型中，尽管在一些回归中温度的显著性有所降低，但也均显著。这说明平均前 1 年、前 4 年和前 5 年温度之增加会显著减少内乱，且在衰弱期有更大的减少作用；平均前 2 年温度之增加只在衰弱期才会减少内乱，在兴盛期反而极轻微地增加内乱；平均前 3 年温度对内乱之频数无显著影响。从整体看，温度对内乱的影响大小随时间推移呈现 U 形，且内乱在王朝衰弱期对温度冲击更为敏感。

在不考虑涝指数的数的回归中，本研究发现：1) 对于旱指数，总整体上看，从前 1 年平均到前 5 年平均，显著性逐渐下降，系数值也逐渐下降。可能的原因是干旱对动乱的影响的滞后作用存在时间较短，其影响随着时间推移日益减弱；但旱指数与兴衰的交叉项从不显著，这意味着干旱的影响在王朝兴盛期与衰弱期并未显著差别，即政府救灾能力并不能减弱干旱对动乱造成的冲击。2) 平均前 1 年至前 3 年平均蝗灾的结果尽管为正，但均不显著，从平均 4 到 5 期，蝗灾的影响开始显著，并且系数随着平均年份的增加而增加，这说明蝗灾可能存在显著的滞后效应，从平均前 1 年到平均前 5 年，其对动乱的影响程度也逐渐上升；而从蝗灾与兴衰的交叉项看，前 1 年不显著，但前 2-5 年平均却一直显著，且该交叉项却一直为负，这说明蝗灾在王朝衰弱期会增加内乱，但在王朝兴盛期反而轻微增加内乱。3) 对于温度，平均前 1 年温度在四个回归中均在 1% 水平上显著为负，且其与兴衰的交叉项也为显著为正，但在平均前 2 年和平均前 3 年尽管系数仍为正，但除平均前 2 年包括温度和温度兴衰交叉项的回归模型中平均前 2 年温度和交叉项在 10% 水平上显著外，其余回归模型不显著，在平均前 4 年和 5 年的回归模型中，尽管在一些回归中显著性有所降低，但也均显著。这说明平均前 1 年、前 4 年和前 5 年温度之增加会显著减少内乱，且在衰弱期有更大的减少作用；平均前 2 年温度之增加只在衰弱期才会减少内乱，在兴盛期并无显著影响；平均前 3 年温度对内乱之频数无显著影响。从整体看，温度对内乱的影响大小随时间推移呈现 U 形，且内乱在王朝衰弱期对温度冲击更为敏感。

从上面的分析可知，1) 本实证研究结果基本稳健，其中人口 1、人口 2 和兴衰一直

显著，而且方向符合预期。2) 降水之增加在减少内乱的影响上具有较长的持续性，而干旱之增加在增加内乱的影响上持续时间较短。也就是降水量的增减对内乱呈现出不对称的影响。原因可能是，当降水增加时，增加的人均收入可以储存至以后几年，并形成对于以后负面气候冲击的缓冲；然而降水减少时，人均收入的下降会迅速转化为社会的不稳定因素。3) 蝗灾对动乱的影响时滞较长。4) 温度对内乱的影响大小随时间推移呈现 U 形，且内乱在王朝衰弱期对温度冲击更为敏感。

## 六、总结

本研究在萧凌波等研究的基础上，应用 Poisson 回归将影响清代华北平原地区动乱的因素从单一的气候因素扩展为气候、人口与政府救灾能力等因素的综合检验。实证结果表明，降水的增加会显著降低动乱发生的频次，并且该影响具有较长的持续性；干旱的增加则只会在短时间内显著增加动乱的频次；蝗灾的增加在较长的时滞后才增加动乱频次；温度的增加会减少动乱的频次，并且影响程度随时间推移呈现出 U 形。人口的增加会增加动乱的频次；在兴盛期动乱发生的概率要低于衰退期；气温对动乱频次的影响在衰弱期比在兴盛期更大；蝗灾在衰弱期减少动乱，却在强盛期轻微增加内乱；干旱对动乱频次的影响在兴盛期反而更大，虽然这一结果并不显著。

因数据性质等原因，本研究用移动 3 年平均数据为例分析气候、人口和兴衰等因素对华北平原地区动乱的影响，后续研究可从以下两个方面展开：1) 构建气候、人口和兴衰的 5 年平均序列，分析华北平原地区动乱的影响因素。2) 应用王绍武重建的华北平原地区 10 年气温距平序列和年自然灾害，应用马尔科夫状态转换模型等方法，分析气候变迁对华北平原动乱的影响。

(西安交通大学，陕西西安，710049)

## 参考文献

- [1]李四光.战国后中国内战的统计和治乱的周期，史学名篇，陕西师范大学出版社2005年版。
- [2]章典,詹志勇等.气候变化与中国的战争，社会动乱和朝代变迁，科学通报，2004年23期。
- [3]Zhang .David D, Jane Zhang, et al. , 2007, Climate Change and War Frequency in Eastern China over the Last Millennium, *Human Ecology*, 35, pp.403–414.
- [4]王俊荆.历史时期气候变迁与中国战争关系研究，浙江师范大学硕士学位论文，2007年。
- [5]Zhang, Z., Tian, H. , et al., 2010, Periodic climate cooling enhanced natural disasters and wars in China during AD 10–1900, *Proceedings of the Royal Society B*, 277(1701), pp. 3745-53.
- [6]叶瑜,方修琦,葛全胜,郑景云.从动乱与水旱灾害的关系看清代山东气候变化的区域社会响应与适应，地理科学,2004年第12期。
- [7]萧凌波,叶瑜,魏本勇.气候变化与清代华北平原动乱事件关系分析，气候变化研究进展.2011年第7期。
- [8]Chen, Q., 2015, Climate Shocks, State Capacity and Peasant Uprisings in North China

during 25–1911 ce, *Economica*, pp82: 295–318.

[9]王绍武.公元1380年以来我国华北气温序列的重建, *中国科学: B 辑*.1990年第5期。

[10]张家诚.气候变化对中国农业生产的影响初探, *地理研究*1982年第6期。

[11]张德二.中国三千年气象记录总集, 凤凰出版社2004年版。

[12]中央气象局气象科学研究院主编.中国近五百年旱涝分布图集.地图出版社1981年版。

[13]冯敏飞.中国盛世.新华出版社2014年版。

[14]Tan M, Liu T, Hou J, et al., 2003, Cyclic rapid warming on centennial - scale revealed by a 2650 - year stalagmite record of warm season temperature, *Geophysical Research Letters*, 30(12), pp. 19-1-19-4.