

中国历史蝗灾动态的社会影响及生态环境意义

李 钢¹,王乃昂²,李卓仑²

(1. 西北大学城市与环境学院,西安 710127; 2. 兰州大学资源环境学院,兰州 730000)

摘 要:人类发展史是一部与自然灾害的抗争史。水、旱、蝗并称中国历史上的三大自然灾害,其中尤以蝗灾为甚。水旱与气候环境关系密切,而蝗灾与气候环境的相关研究复杂且不足。因此,本文首先基于系统收集的飞蝗史料构建中国历史蝗灾记录数据库,建立不同时空尺度的蝗灾年份、等级、频数和县次序列;然后以蝗灾序列为主线作了一系列的比较研究,得出了一些新的认识;进而探索中国历史时期蝗灾大发与频发的社会影响和环境意义,并给出科学的生态解释,以期探究“气候—灾害—社会”之动态巨系统提供新的视角。

关 键 词:蝗灾动态;社会影响;环境意义;生态解释;历史时期;中国

1 引言

人类社会发展史是一部与各类灾害的抗争史。开展环境变化与灾害动态研究在全球变化和灾害频发的今天尤为重要。蝗灾(本文特指飞蝗灾害)自古以来就与水灾、旱灾并称我国历史上的三大自然灾害。史料通常以“螽”、“蜚”、“蝗”、“蚘”等指代蝗灾,以“蝗害稼”、“蝗食禾”、“飞蝗蔽天”、“飞蝗遍野,食稼殆尽”、“大蝗,绝收,人相食,饿殍载道”等描述其危害,由此蝗灾又被称作“千年祸患”。飞蝗具有繁殖速度快、生殖后代多、食性广、食量大、扩散迁飞能力强等特性。全球共有9或10个飞蝗亚种,中国有3个,即东亚飞蝗、亚洲飞蝗和西藏飞蝗,其分布比较规则,基本上与中国三大自然区相吻合^[1](表1)。其区域分化受到季风、干旱、高寒大气候背景的制约,因此可以被看作是昆虫对地理气候环境响应与适应的代表。张德兴等^[2]也认为飞蝗的形态、生理、生态等性状受生态、气候条件影响,从而在地区间变化很大,而且过去关于中国飞蝗发生动态和演化的分析均忽视了地球演化史中重大气候事件的影响,因此有关结论的可靠性值得质疑并有待深入验证。该文还建议对中国飞蝗种下阶元作重新划分,并认为飞蝗现今的分布格局应当是末次冰期结束、气候回暖后逐渐形成的,在年代跨度上不可能超过1.8万年。Zhang等^[3]进一步论证:历史生物地理学因素可能是导致形成这三

个地理亚种的关键原因,特别是更新世冰期—间冰期旋回事件,使得飞蝗种群退缩到不同的避难地并发生适应性分化,现今的种群是气候和生态条件恢复后重新建群的结果。显然,这种大格局应该适合时间尺度是历史时期的分析讨论。

长期以来,大量研究普遍把注意力集中在根据区域生态、气候条件来解释已发生近现代蝗灾^[4-6],或者纯粹从生物学的角度实验分析蝗虫与生态、气候因子的关系^[7-8];而反过来根据蝗灾与生态、气候因子之关系来研究其古气候与古环境指示意义,乃至利用蝗灾发生动态的历史记录反推区域气候与环境变化的研究却十分有限,历史蝗灾与气候变化的相互关系至今尚无定论,已有的各项研究^[9-14]得出的认识分歧很大(表2)。

目前与本研究有关且尚未解决的问题主要有:

表1 中国三大飞蝗的地理分布特点^[1]
Tab.1 Geographical distribution of China's three migratory locust subspecies

飞蝗亚种	自然区划	行政范围 (亲水性生境: 滨湖、沿海、河泛、内涝)	平均海拔/m	发生代次
东亚飞蝗	东部季风区	北起河北、陕西、山西, 南达广西、海南, 东至沿海的山东、江苏、台湾, 西至四川、甘肃南部; 核心区: 河北、山东、河南	<200	2~4
亚洲飞蝗	蒙新干旱区	新疆的沿湖、沿河及沼泽苇草地带为主, 内蒙古(乌梁素海、哈素海), 青海, 甘肃(酒泉等), 河北的北部(张北等)及东北地区亦有少量分布	200~500	1~2
西藏飞蝗	青藏高原寒区	西藏为主, 青海省南部(玉树、囊谦)和四川省西部亦有少量分布	>3600	1

收稿日期:2010-01; 修订日期: 2010-05.
基金项目:陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2009JQ5004);西北大学科研启动基金项目(PR09009)。
作者简介:李钢(1979-),男,四川成都人,博士,讲师,主要从事环境变化与区域发展研究。E-mail: lig@nwu.edu.cn

表2 中国历史蝗灾记录与气候变化代表性研究简要述评

Tab.2 Representative studies on climate change and historical records of locust plagues in China				
研究区域	研究内容	基本观点	值得商榷与改进之处	出处
河西地区	直接把蝗灾当作旱灾处理，且引入湿润指数公式，重建了 15 世纪以后该区域的干湿状况	蝗灾与旱灾高度正相关	东亚飞蝗与亚洲飞蝗未作区分；以相等权重将旱、涝引入公式值得商榷	李并成 ^[9]
中国 41 省以北地区	据近千年来飞蝗北界变动资料，推断出飞蝗发生年份的气温条件，划分了东北地区 3 个温暖时段	假定其它生态环境生条件无特异的前提下，按温度是唯一因子来做推断	研究区的特殊性，不得已根据东亚飞蝗的单因子重建混合蝗区的历史温度状况值得商榷	张德二,等 ^[10]
陕西地区	探讨东亚飞蝗与其致灾的主要气候因子的关系，构建干旱指数，重建近 500 年的干湿变化，并做了对比分析	蝗虫对上年冬温变化的响应不敏感，但对当年降水变化的响应敏感，蝗灾发生与夏季偏干极为一致	应考虑不同地域类型的旱灾记录对全区的贡献程度问题，以及飞蝗的“源”与“汇”问题	李钢,等 ^[11]
山东地区	基于历史文献中的蝗灾记录，重建了 1470—1949 年山东省蝗灾县数序列，并作了相关分析	温度变化与蝗灾规模在年代际尺度上相关不显著，但温暖气候却是蝗灾大爆发的必要条件。夏季降水的年际变化与蝗灾县数呈显著负相关，即夏季干旱有利于蝗灾大规模发生	在引证蝗灾与气候因子相关研究结论时，将迁飞能力很弱的草原蝗虫的相关结论“嫁接”到迁飞能力很强的东亚飞蝗上来值得商榷	张学珍,等 ^[12]
中国东部地区	对马世骏等(1958)发表的中国千年蝗灾资料进行了自回归和频谱分析，并选取气候序列作了对比分析	蝗灾发生程度与温度呈显著负相关，即蝗虫在冷期的发生量要显著地大于暖期	温度对比相对可靠，但是降水具有很强的区域差异，用西部降水对比东部蝗灾值得商榷	Stige,等 ^[13]
三大飞蝗区	初步建立中国三大飞蝗灾害年表和序列，与其他灾害、危机及气候变化序列对比	蝗灾的发生跟冬半年温度关系不显著，跟夏半年降水呈反相关，并可以为气候(农业)干旱提供参考	数据库及序列构建有待充实完善；分种类、按朝代、划区域的多学科交叉集成研究开展不够	李钢 ^[14]

①全国范围内系统的蝗灾记录统计分析不足,而且尚未分种类、按朝代、划区域统计加以定性化、量化和归一化,全面的历史蝗灾数据库和历史蝗灾地理信息系统有待建立。②历史蝗灾个案及其与气候变化的关系研究开展甚少,成果相当欠缺,现有认识分歧很大,即历史蝗灾记录对气候变化的响应模式与机理有待探明。③三大飞蝗对水、热、光、土等生态或气候因子的响应关系和指示意义不明确。④历史时期蝗灾与其他自然灾害、社会危机之间的耦合关系及其对气候变化的适应过程以及对社会发展的影响量级有待探明。⑤全球气候变暖背景下未来大灾的特点与风险有待预测与评估。这些问题的解决,对于加强中国灾害演变与全球变化的对比研究,揭示环境演变区域分异规律,理解自然灾害与社会危机的成因和机制,都具有重要研究价值。

2 资料与方法

2.1 历史文献记载的不均一性

中国拥有“浩如烟海”的各类历史文献和典籍,但是它们的积累和传承过程却是十分艰险曲折的,时代的治乱和统治者的政治需求直接决定着它们的聚散离合。明代胡应麟(1551—1602 年)总结提出了中国历史文献历经的“八胜”和“八厄”理论:“春秋也,西汉也,萧梁也,隋文也,开元也,太和也,

庆历也,淳熙也,皆盛聚之时也;祖龙也,新莽也,萧绎也,隋炀也,安史也,黄巢也,女真也,蒙古也,皆大厄之会也。”张文华^[15]进一步补充:“由秦而明,通计有书‘十厄’”,增加了东汉末年的“董卓之乱”和西晋末年的“刘、石乱华”。因此,要从时间尺度把握历史蝗灾发生的特点与规律时,必须特别注意不同朝代历史文献的丰缺状况。

2.2 本研究资料的选取特点

本研究的数据资料时间跨度自历史文献最早记录蝗灾的 707BC 至近代开始大量使用农药前夕的 1949AD,将历史蝗灾记录按飞蝗的三个亚种分区域收集整理,获得了中国有飞蝗发生的 27 个省区(含台湾)的 4346 条蝗灾记录,涉及各类历史文献 1241 册,初步构建了中国历史蝗灾记录数据库。综合考虑蝗灾的持续时间、扩散范围、破坏程度以及对人类的影响等多方面,将中国历史蝗灾划分为 4 个等级层次,即 I 出现级、II 干扰级、III 危害级、IV 灾难级,并绘制了蝗灾等级综合标准划分表。根据地理区划以及蝗灾发生的源、汇特点,重点将东亚飞蝗区划分为核心区、北区、南区和全区 4 种空间范围(表 3),并据此建立不同时空尺度的蝗灾年份、等级、频数和县次序列,奠定了进一步比较分析的数据基础。

本文以蝗灾序列为主线作一系列的比较研究,进而探索中国历史时期蝗灾大发与频发的社会影响和环境意义,并给出科学的生态解释,以期为探

表3 东亚飞蝗各区蝗灾年份与等级统计表

Tab.3 The occurring years and grading statistics of oriental migratory locust plagues in various regions							
区域	具体省份	省区数	年代区间	区间长度	蝗灾年数	几年一遇	平均等级
核心区	晋冀鲁豫苏皖沪浙	8	707BC—1949AD	2656	828	3.2077	2.3684
北区	核心区+陕甘宁青	12	707BC—1949AD	2656	878	3.0251	2.3747
南区	鄂湘赣闽云贵川渝粤桂琼台	12	2—1947AD	1946	373	5.2172	2.2574
全区	北区+南区	24	707BC—1949AD	2656	930	2.8559	2.3624

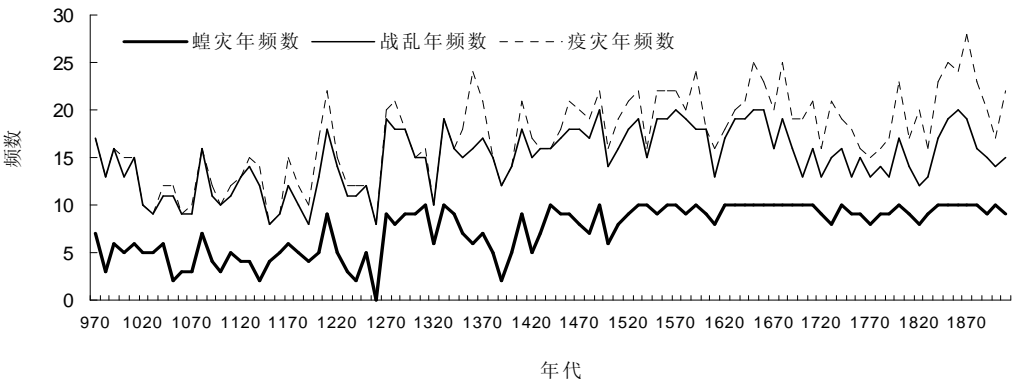


图1 960—1911AD蝗灾、战乱、疫灾10年频数堆积折线图对比

Fig.1 The 10-year scale comparison of the frequency accumulation curves of locust plagues, wars and pestilences during 960-1911AD

究“气候—灾害—社会”之动态巨系统提供新的视角,为中国生态环境保护、农牧业可持续发展以及制定减灾策略提供科学依据。

3 社会影响

3.1 蝗灾与战乱、瘟疫

战乱资料来自《中国军事史》^[16],为了排除历史记述的偏见,本文只把战争的年代和对应次数认为是可信的数据,由此得到中国历史战乱次数汇总表(前26世纪—1911AD),并据此进一步得到战乱年代频数序列。瘟疫灾害数据来源于孙关龙^[17]《中国历史大疫的时空分布及其规律研究》,共获得中国历史大疫385条(公元前13世纪—1911AD),并据此进一步得到疫灾年代频数序列。

鉴于东亚飞蝗自宋代以来记载更为丰富的事实,以及中国各朝代的政权核心和人口重心主要分布在东部季风区(东亚飞蝗区),因而综合选取宋初至清末(960—1911AD)作为对比时间段,绘制了东亚飞蝗区蝗灾年频数与战乱年频数、疫灾年频数的对比图(图1)。由图1可知,中国历史蝗灾年频数与战乱年频数、疫灾年频数变化趋势相当一致,这基本上预示了战乱、瘟疫与蝗灾的频繁发生有着密切的关系。同时也说明了历史时期的中国减灾抗灾的能力有限,往往在大的灾乱发生之后出现“人相

食”、“饿殍载道”的惨状,卫生防疫能力薄弱,最终导致瘟疫流行。

3.2 苏皖蝗灾与米价

米价指数来源于彭凯翔^[18],作者通过查阅历史文献和集成已有资料,针对中国华北和江南计算出了清代以来的逐年米价指数,时间范围为1650—1949年,其中1938—1949年属于恶性通货膨胀。所以本文选取的对比时间段1650—1939年,只保留了两个通胀年的米价指数,以体现其趋势。同时,考虑到芜湖、无锡、长沙、九江作为中国历史上的“四大米市”,有着共同的沿江交通便利、粮食生产丰富和商贸流通发达的优势,特别是芜湖、无锡更是这“四大米市”中的佼佼者。鉴于此,本文选取芜湖所在的安徽和无锡所在的江苏两省的历史蝗灾县次序列与米价指数作对比分析(图2)。图2结果显示,苏皖蝗灾县次序列与米价指数之间存在明显的相位差,即苏皖蝗灾大范围爆发一至数年后,米价陡涨。可能的解释是,蝗灾大范围爆发以后,粮食减产,在老百姓一至数年内吃完自家存粮或者政府救济粮之际,粮价飙升。

3.3 蝗灾的社会影响

在中国漫长的历史上,新旧朝代的更替往往跟灾害发生有着某种关联。考虑到在“以农为本”的中国历史时期,蝗灾等自然灾害发生后可能产生的连锁反应,如导致饥荒(亩产下降、粮价上涨)、瘟疫、

人口减少、战争动乱等结果,本文以水、旱、蝗这三大自然灾害为基础,绘制了气候变化与人类活动共同作用下的中国历史灾害效应与朝代更替过程示意图(图3),初步揭示了历史时期特别是在灾害频发与群发的特征时期气候变化、自然灾害、社会危机与朝代更替之间的关系。

4 环境意义

4.1 温度与蝗灾

为了明确东亚飞蝗核心区(华北和华东地区)蝗灾与上年冬季温度的关系,在王绍武^[19]统计的中国华北和华东地区近千年冷、暖冬年份表的基础上,将冷、暖冬年份逐个加1年进行处理,得出了华北和华东地区公元9–20世纪的冷、暖冬次年表(表4)。由表5可以计算得出,在126个冷冬次年里出现了89个蝗灾,在85个暖冬次年里出现了64个蝗灾;蝗灾年和冷、暖冬次年的重叠概率分别为 $89/126=0.7063$ 和 $64/85=0.7529$,二者仅相差0.0466。也就是说,冷、暖冬次年发生蝗灾的可能性都有,分别约为70.63%和75.29%,二者相差不到5%(4.66%)。由此可见,上年冬季的冷暖状况不能对次年蝗灾的发生与否做良好的区分,因此蝗灾序列不能用来反映上年气候的冷暖状况。

4.2 降水与蝗灾

4.2.1 蝗灾与雨土

沙尘天气是干旱、半干旱地区春、冬季节经常发生的一种天气现象,在中国的历史文献记载中也

相当丰富,其描述常用语为:“雨土”、“黄雾四塞”、“埃氛蔽天”、“土雾竟天”、“大风昼晦”、“大风发屋”

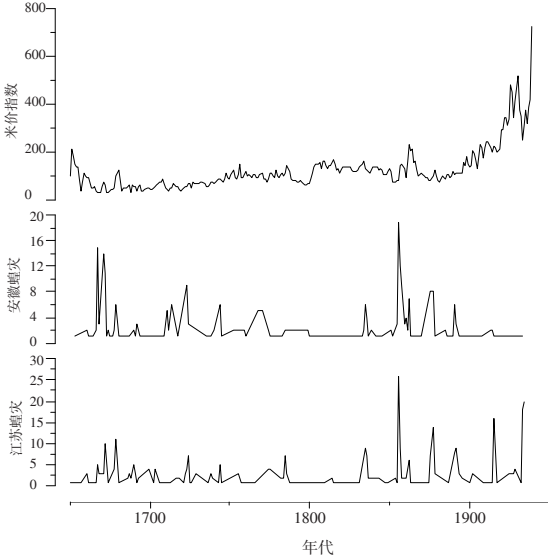


图2 1650–1939AD安徽、江苏蝗灾逐年县次与米价指数对比图
Fig.2 Comparison between locust plagues and rice prices in Anhui and Jiangsu during 1650–1939AD

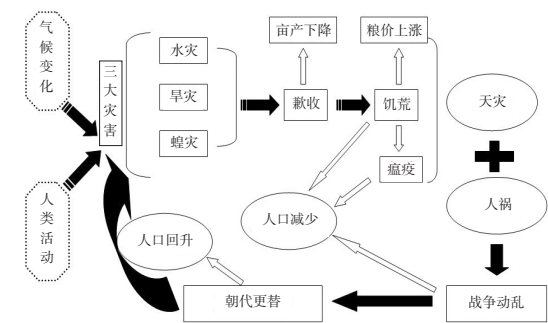


图3 基于水、旱、蝗的中国历史灾害与朝代更替示意图
Fig.3 Sketch for the historical disasters including floods, droughts and locust plagues in various dynasties

表4 公元9–20世纪(800–1949AD)的冷、暖冬次年表

Tab.4 The next years of cold winters and warm winters during 800–1949AD

世纪	冷冬次年	暖冬次年
9	814 [*] 822 835 [*] 887 [*] 898 [*]	861 [*] 862 866 881 [*]
10	985 [*] 986 994 [*]	933 [*] 935 [*] 953 957 [*] 962 968 [*] 992 993 [*] 996 997
11	1018 1044 1057 [*] 1060 [*] 1088 1094	1006 1010 1035 1068 1075 [*] 1091 [*]
12	1111 [*] 1112 1114 1128 1133 [*] 1155 [*] 1162 1167 1179 [*] 1185 [*] 1186 [*] 1192 [*] 197 [*]	1115 [*] 1135 1168 [*] 1171 [*] 1183 1190 [*] 1194
13	1220 [*] 1227 [*] 1229 [*] 1233 [*]	1200 [*] 1201 1203 [*] 1209 1214 1221 1271
14	1310 1324 1326 1330 1332 1354 [*] 1361 1372 1377 [*] 1380 [*] 1399	1315 [*] 1336 1341 1351 1353 [*] 1375
15	1408 1416 1439 1440 1450 [*] 1453 1454 1473 1477 [*] 1494	1448 1463 [*] 1470 1480 1484 1497 [*] 1498 [*]
16	1502 1510 1511 1514 1515 [*] 1518 1530 1551 1558 1564 1565 1567 1569 1570 [*]	1506 1517 1523 1539 1540 1541 1545 1560
17	1605 1620 1621 1632 1637 1641 1653 1654 [*] 1655 1656 1657 1663 1666 1669 [*]	1613 1617 1618 1635 1661 1689 1694 1696
18	1701 1715 [*] 1716 1745 1746 [*] 1750 1753 1761 [*] 1762 [*] 1763 1777 1796	1703 1704 1766 1781 1787
19	1800 1810 [*] 1815 1820 [*] 1832 1833 1841 1842 1845 1846 [*] 1849 1852 1858	1844 1847 1857 1867 1875 1890 1899
20	1917 1936 1945	1903 1916 1926 1935 1946 [*] 1949
比重	蝗灾年所占比重: 89/126=0.7063	蝗灾年所占比重: 64/85=0.7529

注: *表示非蝗灾年。

等。张德二^[20]整理出了中国 1150BC–1933AD 间的 1156 条“雨土”记载,并据此给出了近 1700 年(300–900AD)的降尘时间频数曲线,得出了 5 个沙尘频发期(图 4),并且指出降尘频数与温度及湿度变化大致呈负相关,降尘频发期对应干、冷气候。

从图 4 可见,历史蝗灾年频数与雨土年频数具有较好的时间同步性,但这只能预示蝗灾与偏干气候的一致性,并不能代表其温度特征。

4.2.2 安徽蝗灾与淮河洪水

安徽地处暖温带与亚热带过渡地区,气候温暖湿润,四季分明,但气候条件分布差异明显,天气多变,降水年际变化大,常有旱、涝、蝗等自然灾害发生。鉴于淮河是安徽境内重要的自然分区线,因此考虑利用淮河洪水与蝗灾进行对比分析。淮河历史洪水数据来源于李振华等^[21]《历史上的淮河洪水》,选取 1470–1949AD 期间的 48 个洪水年份,并将安徽蝗灾年份赋值+1,淮河洪水年份赋值-1,然后绘制了 1470–1949AD 蝗灾与洪水对比图(图 5)。

从图 5 可知,安徽历史蝗灾的发生年份与淮河历史洪水的发生年份存在明显的“年代错位”,即凡是淮河发生洪水的年份在安徽都不会发生蝗灾。

可见,这种“年代错位”表明了蝗灾与洪水之间存在明显的负相关(反相位)关系,从而反证了蝗灾与旱灾之间的同步关系。

4.2.3 陕西蝗灾与旱灾

(1) 蝗灾月份特点 在有月份描述的文献记录中,陕西历史蝗灾依然主要发生在东亚飞蝗夏秋两代蝗虫活跃的夏秋两季(图 6),即北半球的夏半年,同时也是陕西的雨季。除了陕西,对其他省区的研究也发现了类似的结果。由此可见,夏半年应当是中国飞蝗灾害发生的主要时段。

(2) 历代旱蝗比重 由于史料记载往往受到战争动乱等人为因素的影响和破坏,因此针对特殊时段我们还能获得较高旱蝗比重(图 7)。譬如,就唐代(618–907AD)的旱蝗年比重为 52.88%(11/20);宋代(960–1276AD)的旱蝗年比重为 90%(9/10);元代(1271–1368AD)的旱蝗年比重为 55.56%(5/9);明代(1368–1644AD)的旱蝗年比重为 71.11%;清代(1644–1911AD)的旱蝗年比重为 60%(21/35);民国(1912–1949AD)的旱蝗年比重则高达 92.86%(13/14)。从唐朝至新中国成立(618–1949AD)的旱蝗年比重约为 67.91%(91/134),也就是蝗灾年里有近七

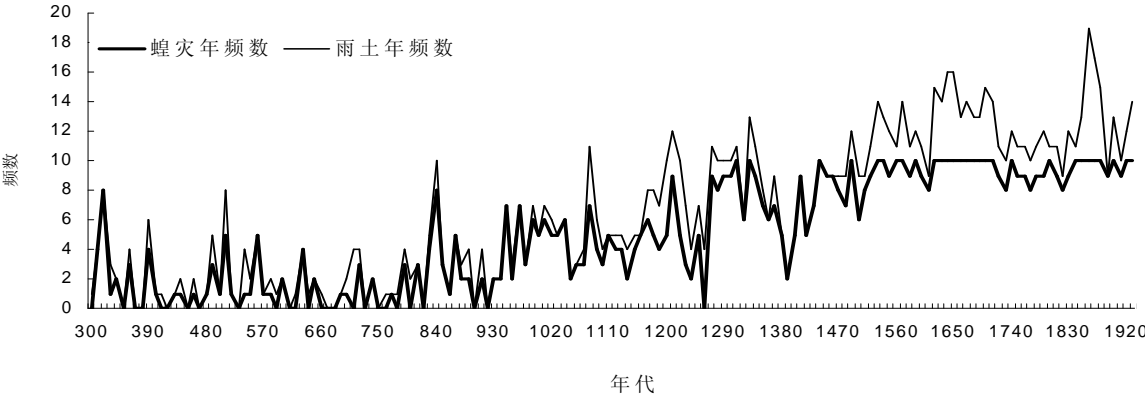


图 4 10a 尺度上的蝗灾年频数与雨土年频数堆积折线图对比(300–1933AD)

Fig.4 The 10-year scale curves of the frequency of the years with locust plagues and the years with sand-dust rain

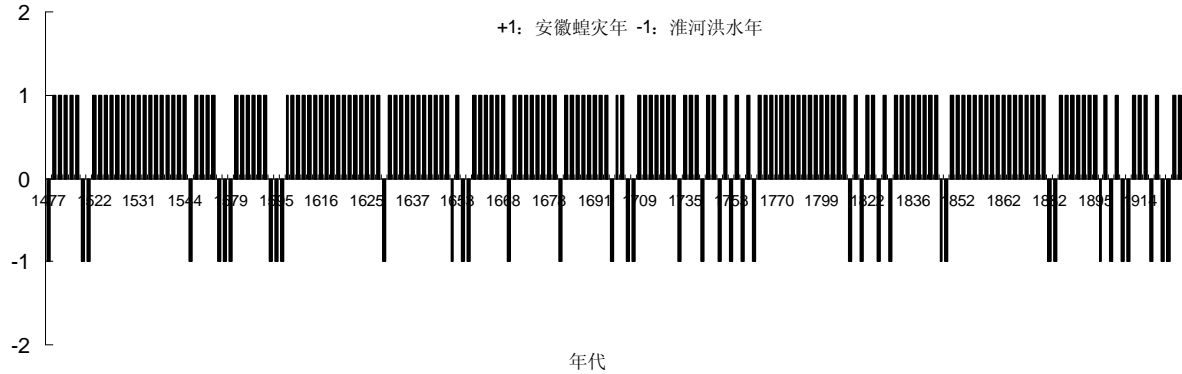


图 5 1470–1949AD 安徽蝗灾年与淮河洪水年对比图

Fig.5 The years with locust plagues and the years with floods in Anhui during 1470–1949AD

成旱蝗年,这基本上反映了旱蝗比重的平均水平。

4.3 气候序列检验

为了进一步检验历史蝗灾与气候变化之间的相互关系,本文选择了几条来自树轮、石笋、冰芯、珊瑚、历史文献及其集成的高分辨率的代表性序列作对比分析。

4.3.1 核心区蝗灾序列与Nino3 Index of ENSO对比

厄尔尼诺(EI Nino)和拉尼娜(La Nina)现象与全球气候异常息息相关。研究厄尔尼诺和拉尼娜现象的时频特征对于监测全球气候变化,预报全球气候灾害具有重大意义。Nino3区涵盖了赤道东太平洋的大部海域,其海温变化在EI Nino事件中具有很好的代表性。Nino3 Index of ENSO的资料来自世界数据中心(World Data Center, #2000-052)。从图8可见,两条蝗灾序列均与Nino3指数有良好的对应,表明了核心区的蝗灾与ENSO遥相关,这可能得归因于“ENSO-华北干旱—蝗灾”关系链。

4.3.2 核心区蝗灾序列与中国东部地区年均温度对比

温度资料来自Yang等^[22]通过集成的方法,建立的近2000年以来的中国东部地区年均温度序列。应该说,这条温度序列与核心区的蝗灾序列在地理区域上基本一致。但图9对比结果并不理想。可见,蝗灾与年均温度的关系并不密切。

4.3.3 核心区蝗灾序列与中国中东部地区冬半年温度对比

为了进一步细化温度资料,采用Ge等^[23]利用历史文献中的冷暖物候记载建立的中国中东部地区冬半年(10-4月)平均温度序列与核心区蝗灾序列作对比。在空间范围上冬半年温度序列与核心区蝗灾序列基本一致,而且冬半年的温度一直被认为与次年蝗灾的发生存在着某种联系。但如图10所示,对比结果在趋势和幅度上并不理想。

4.3.4 北区蝗灾序列与北京石花洞石笋序列(5-8月温度)对比

考虑到温度对比的完整性,在对比

完了年均温和冬半年均温后,本文选择Tan等^[24]利用北京石花洞石笋建立的5-8月平均温度序列与北区蝗灾序列作对比。

蝗卵的起点发育温度为15℃,蝗蛹的起点发育温度为20℃,飞蝗的发育适温为25~40℃,最适宜发育温度为28~34℃。如图11所示,5-8月温度序列的波动区间大致就在飞蝗发育的适宜温度范围以内,因此5-8月的温度并不是飞蝗飞蝗产卵和成

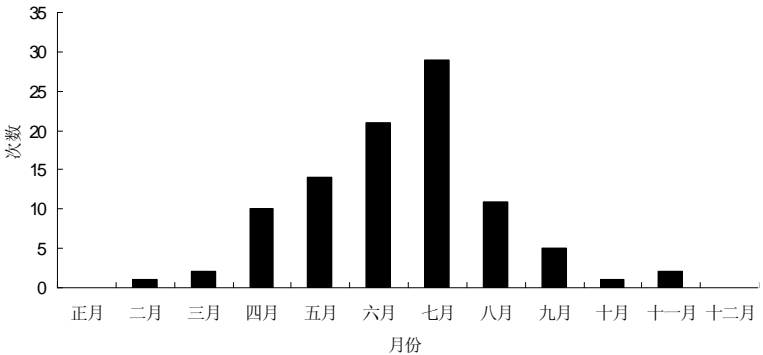


图6 陕西历史蝗灾发生月份分布图

Fig.6 The months in which locust plagues occurred in the history in Shaanxi

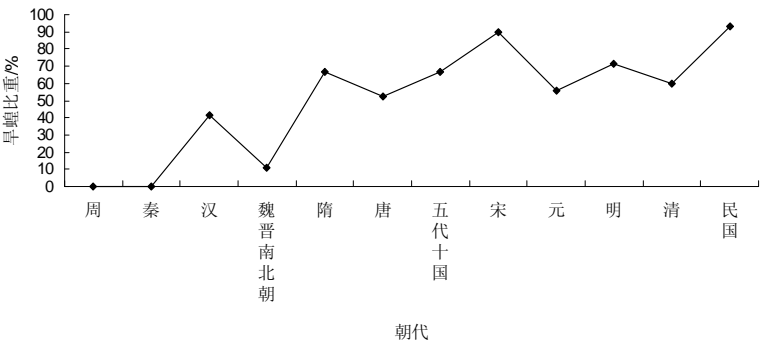


图7 陕西历代蝗灾中的旱蝗比重

Fig.7 The proportion of drought-locusts in various dynasties in Shaanxi

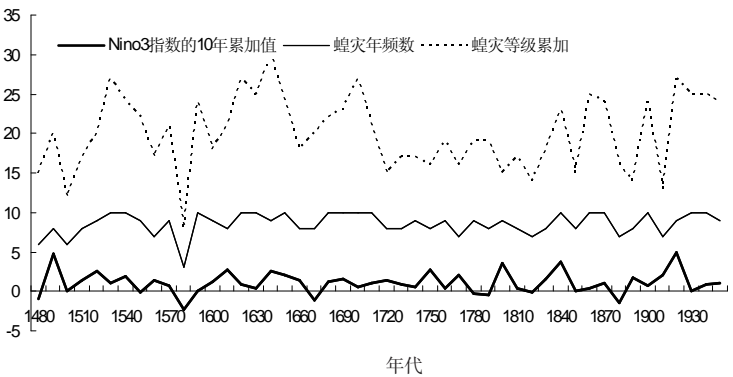


图8 10a尺度上的核心区蝗灾年频数序列及蝗灾等级累加序列与Nino3 Index序列对比图

Fig.8 10-year scale comparison of locust frequency series, locust grade accumulation series and Nino3 Index series

灾的限制因素,所以,上图的对比结果较差也在情理之中。

4.3.5 北区蝗灾序列与中国中北部华山树轮序列(4-7月降水)对比

降水资料来自 Hughes 等^[25]利用中国华山树木年轮的宽度和密度建立的4-7月降水序列。由于

4-7月降水量波动范围在300~500 mm之间,为了降低二序列数据值大小的差异以便于对比,将降水序列统一做除以100的等比化小处理,得到了波动范围在3~5以内的“[4-7月降水量]/100”序列(图12)。对比结果相对理想,大部分的时段4-7月降水与蝗灾等级之间呈反相位关系。当然,这里也不

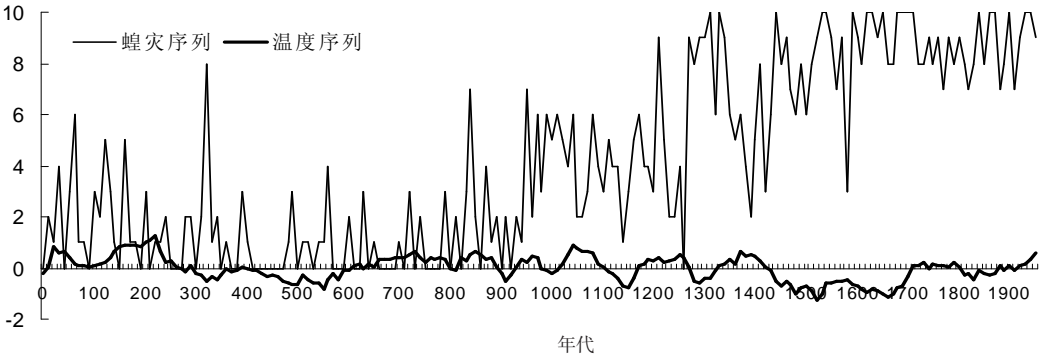


图9 10a尺度上的核心区蝗灾年频数与中国东部温度序列对比图(0-1949AD)

Fig.9 10-year scale comparison of locust frequency series of core region and the temperature series of Eastern China

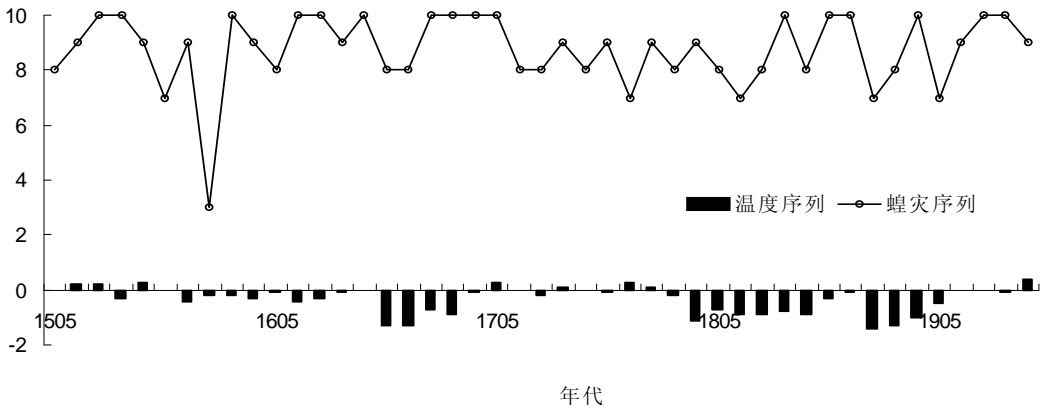


图10 10a尺度上的核心区蝗灾年频数与中东部地区冬半年温度对比图(1505-1945AD)

Fig.10 10-year scale comparison of locust frequency series of core region and the winter half-year temperature series of Eastern China(1505-1945AD)

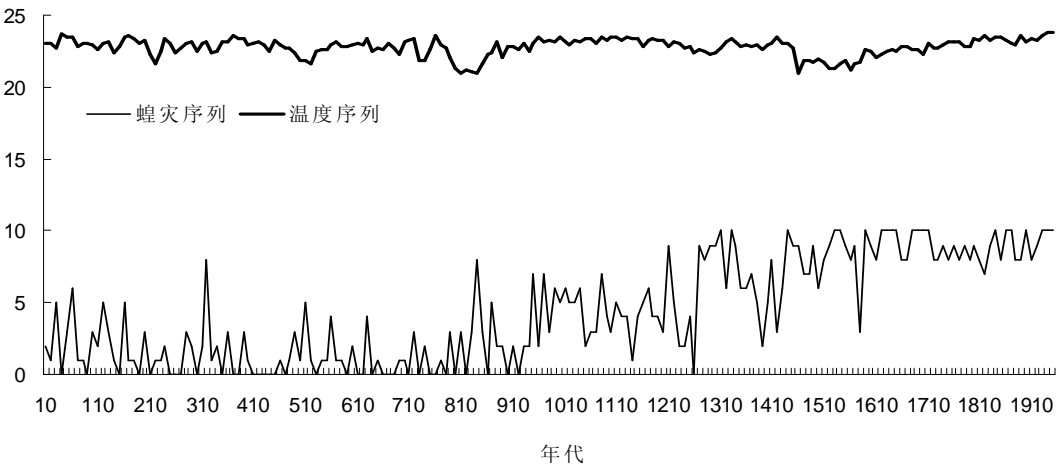


图11 10a尺度上的北区蝗灾年频数与石花洞石笋序列(5-8月温度)对比图(10-1949AD)

Fig.11 10-year scale comparison of locust frequency series of northern region and the stalagmite series from the Shihua Cave

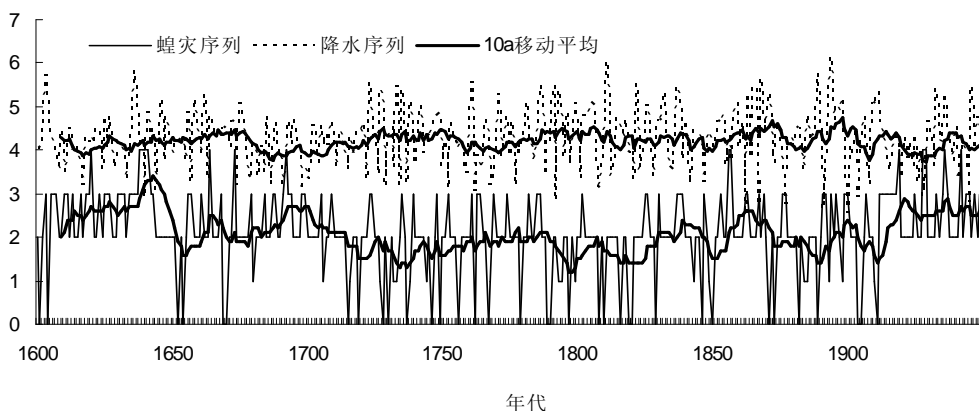


图 12 10a 尺度上的北区蝗灾等级与华山树轮序列([4—7月降水量]/100)对比图

Fig.12 10-year scale comparison of locust grade series of northern region and the tree ring series from Huashan Mountain

排除用华山树轮点数据对比北区蝗灾面数据产生的误差。

5 生态解释

综合前面的对比结果,发现冬半年温度的高低对次年蝗灾的发生与否不能产生明显的影响。也就是说,蝗灾序列不能用来反映温度的变化。相反,夏半年降水的多寡则能极大的影响蝗灾的发生,特别是干旱与蝗灾的发生有着高度的一致性。综合分析认为,蝗灾序列可以作为一种反映夏半年(4—9月)干旱的代用指标,也就是说历史蝗灾序列可以用来重建历史时期各对应蝗区夏半年(4—9月)的干旱状况。

5.1 对温度不显著

究其原因,需从在土壤里度过冬半年的蝗卵考虑。①蝗卵的埋藏深度为地表以下 5~8cm,土壤温度和地面温度存在一定差异。②跟蝗卵具有的“过冷却现象”有关,即虫卵液体组织虽然处在冰点以下,但不发生冻结,这是大多数昆虫能避免结冰致死而做出的适应性调节。据研究^[7],飞蝗种群的过冷却点随发育阶段而升高,在胚胎发育的各期都具有较低的过冷却点;且低温胁迫可诱导蝗卵以糖元为原料合成抗冻保护剂。③越冬蝗卵埋藏地所覆盖的枯草败叶等亦可作为天然“被子”。这样就形成两个保温壳,大大增强蝗卵抗寒性。据试验研究^[8],接受短光照的雌蝗本能地产出耐寒性较高的卵,这暗示秋天产蝗卵更能成功越冬。

5.2 对降水较敏感

降水对飞蝗产卵和成灾的影响主要包括 3 方面:①降水量增多特别对低温多湿的生境可直接延缓或抑制发育,并间接有利于病菌(如“抱草瘟”)的

繁殖,从而降低种群密度;②强度大的降水对幼蝗或正在脱皮的蝗蛹有显著的机械杀伤作用;③降水量过大可造成洼地及湖泊的积水增多,也可以淹没一部分有卵地区而增加蝗卵死亡率。此外,本文认为这也是飞蝗的繁殖习性(逐水聚集产卵)、生境选择(沿河、湖的漫滩草丛地带)和呼吸系统结构(气门主要位于胸、腹部,遇水保持躯体平衡易溺死)等因素所共同决定的。

6 总结

人类发展史是一部与自然灾害的抗争史。水、旱、蝗并称中国历史上的三大自然灾害,其中尤以蝗灾为甚。水旱与气候环境关系密切,而蝗灾与气候环境的相关研究复杂且不足。为此,本文基于系统收集的飞蝗史料构建中国历史蝗灾记录数据库,建立不同时空尺度的蝗灾年份、等级、频数和县次序列,进而通过比较分析探索中国历史时期蝗灾大发与频发的社会影响和环境意义,并给出科学的生态解释,以期探究“气候—灾害—社会”之动态巨系统提供新的视角。本文主要以蝗灾序列为主线作了一系列的比较研究,得出的基本认识如下:

(1) 社会影响 分别将蝗灾序列与战乱、瘟疫、饥荒等序列作对比,发现:中国历史战乱年频数、瘟疫年频数与东部季风区的蝗灾年频数变化趋势较为一致,预示了战乱、瘟疫与蝗灾的频繁发生有着密切的关系;米价上涨年份多数出现在蝗灾大发之后一至数年的史实在对比分析中亦得到了验证;此外,还绘制了气候变化条件下的中国历史灾害与朝代更替图,从而直观的揭示了在灾害频发与群发的特征时期蝗灾对社会发展有着不容忽视的影响。

(2) 环境意义 ①温度:分别构建华北、华东历

史时期的冷、暖冬次年表与蝗灾年表进行查重对比,发现:蝗灾年和冷、暖冬次年的重叠概率分别为 0.7063 和 0.7529,二者仅相差 0.0466。认为,上年冬季(或冬半年)的冷暖状况不能对次年蝗灾的发生与否做良好的区分,因此蝗灾序列不能用来反映上年冬半年气候的冷暖状况。②降水:分别将蝗灾序列与雨土、洪水、干旱等序列作对比,发现:蝗灾年频数与象征干冷气候背景的雨土年频数对应良好,但只能预示蝗灾与偏干气候的一致性,并不能代表其温度特征;安徽蝗灾与淮河洪水不重年的结果反证了蝗灾与干旱的一致性;陕西不同时空上较高的旱蝗比重也体现了旱、蝗良好的对应关系。③气候序列检验:有针对性的选取蝗灾序列与国际公认的气候序列作对比,发现核心区蝗灾与 ENSO 有遥相关,核心区及北区蝗灾与温度对应不好,北区蝗灾与华山树轮降水呈局部时段的反相位对应。综合分析认为,蝗灾的发生跟温度关系不显著,跟降水呈负相关,蝗灾序列可以作为反映夏半年气候干旱的指标之一。

(3) 生态解释 ①对温度不显著的解释:在土壤里埋藏 6—7 个月的越冬蝗卵具有“过冷却现象”且过冷却点随发育阶段而升高;低温胁迫可诱导蝗卵以糖元为原料合成“抗冻保护剂”;此外,越冬蝗卵埋藏地覆盖有天然的“被子”,以及秋天产的蝗卵更能成功地越冬。②对降水敏感的解释:除了机械杀伤以外,亦受飞蝗的繁殖习性(逐水聚集产卵)、生境选择(沿河、湖的漫滩草丛地带)和呼吸系统结构(气门主要位于胸、腹部,遇水保持躯体平衡易溺死)等因素共同决定。

参考文献

- [1] 郑哲民, 夏凯龄. 中国动物志: 昆虫纲. 10 卷. 北京: 科学出版社, 1998.
- [2] 张德兴, 闫路娜, 康乐, 等. 对中国飞蝗种下阶元划分和历史演化过程的几点看法. 动物学报, 2003, 49(5): 675-681.
- [3] Zhang D X, Yan L N, Ji Y J, et al. Unexpected relationships of substructured populations in Chinese *Locusta migratoria*. BMC Evolutionary Biology, 2009, 9: 144
- [4] 季荣, 谢宝瑜, 李典谟. 河北省南大港农场 2002 年夏蝗发生特点及原因浅析. 昆虫知识, 2002, 39(6): 430-432.
- [5] 孔海江, 陆维松, 吕国强. 干旱前期温度偏高对河南省东亚飞蝗发生的影响. 南京气象学院学报, 2003, 26(4): 516-524.
- [6] 任春光, 张书敏, 唐铁朝, 等. 白洋淀东亚飞蝗发生日趋严重原因分析. 植物保护, 2002, 28(1): 35-37.

- [7] 李冰祥, 陈永林, 蔡惠罗. 飞蝗不同地理抗寒性研究. 生态学报, 2001, 21(12): 2023-2030.
- [8] 景晓红, 康乐. 飞蝗越冬卵过冷却点的季节性变化及生态学意义. 昆虫知识, 2003, 40(4): 326-328.
- [9] 李并成. 河西走廊历史时期气候干湿状况变迁考略. 西北师范大学学报: 自然科学版, 1996, 32(4): 56-61.
- [10] 张德二, 陈永林. 由我国历史飞蝗北界记录得到的古气候推断. 第四纪研究, 1998(1): 12-19.
- [11] 李钢, 王乃昂, 程弘毅, 等. 利用 10a 尺度上的虫旱灾异年频数(LUD)重建陕西过去 450a 气候干湿变化初步研究. 干旱区地理, 2004, 27(2): 154-160.
- [12] 张学珍, 郑景云, 方修琦, 等. 1470—1949 年山东蝗灾的韵律性及其与气候变化的关系. 气候与环境研究, 2007, 12(6): 788-794.
- [13] Stige L C, Chan K S, Zhang Z, et al. Thousand-year-long Chinese time series reveals climatic forcing of decadal locust dynamics. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2007, 104(41): 16188-16193.
- [14] 李钢. 历史时期中国蝗灾记录特征及其环境意义集成研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2008.
- [15] 张文华. 时代治乱与历史文献的聚散分合. 江南大学学报: 社科版, 2002(5): 60-63.
- [16] 中国军事史编写组. 中国军事史附卷—历代战争年表. 北京: 解放军出版社, 1985.
- [17] 孙关龙. 中国历史大疫的时空分布及其规律研究. 地域开发与研究, 2004, 23(6): 123-128.
- [18] 彭凯翔. 清代以来的粮价: 历史学的解释与再解释. 上海: 世纪出版集团、上海人民出版社, 2006.
- [19] 王绍武. 近千年我国冬夏温度的变化. 气象, 1990, 16(6): 15-20.
- [20] 张德二. 我国历史时期以来降尘的天气气候学初步分析. 中国科学, 1984(3): 278-288.
- [21] 李振华, 朱锦红, 蔡静宁, 等. 历史上的淮河洪水. 气象, 2006, 31(6): 24-28.
- [22] Yang B, Brauning A, Johnson K R, et al. General characteristics of temperature variation in China during the last two millennia. Geophysical Research Letters, 2002, 29(9). doi:10.1029/2001GL014485.
- [23] Ge Q S, Zheng J Y, Fang X Q, et al. Winter half-year temperature reconstruction for the middle and lower reaches of the Yellow River and Yangtze River, China, during the past 2000 years. Holocene, 2003, 13(6): 933-940.
- [24] Tan M, Liu T S, Hou J, et al. Cyclic rapid warming on centennial-scale revealed by a 2650-year stalagmite record of warm season temperature. Geophysical Research Letters, 2003, 30(12): 1617.
- [25] Hughes M K, Wu X D, Shao X M, et al. A preliminary reconstruction of rainfall in north-central China since A.D. 1600 from tree-ring density and width. Quaternary Research, 1994, 42(1): 88-99.

Study on Social Influence, Environmental Significance and Ecological Explanation of the Dynamics of Locust Plagues in China During the Historical Period

LI Gang¹, WANG Naiang², LI Zhuolun²

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Northwest University, Xi'an 710127, China;

2. College of Earth and Environment Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The process of Chinese social-economic development was a long struggle history. Flood, drought and locust plague were the three biggest natural disasters in Chinese history. Flood and drought which had a close relationship with climate change have been studied by many researchers for a long time. As for locust plague, more attention should be paid to it.

Accordingly, through collection and interpretation of Chinese historical documents related with locust plague, we set up a Chinese historical locust plague database according to which the trend and characteristics of locust plagues were disclosed. As for the three subspecies of migratory locusts in China, we made a sublevel regionalization map of them. According to the database and the map, we constructed many historical locust plague sequences. More work was done to deal with comparisons between locust plague sequences and sequences of other natural disasters, social crises, and climate proxies—mainly temperature and precipitation. Finally, we drew a preliminary conclusion of the social influence and environmental significance of historical locust plagues, to which ecological explanation was also given.

We did several comparisons between locust plague sequence and war sequence, epidemic sequence, dust storm sequence, rice price index, and flood sequence of Huaihe River. The results were as follows. Firstly, locust plagues had close correlations with wars and epidemics, which indicated the causality among them. Secondly, locust plagues had a good coherence with dust storms, but it did not mean that cold background was indispensable for locust plagues. Thirdly, locust plagues in Anhui had no overlapping year with floods of the Huaihe River, which in reverse proved the coherence between locust plague and drought. Fourthly, we found that rice price ascended always with a 1-3 year lag after locust plague, which inspected and verified the fact in history.

Through construction of next year tables of warm and cold winters in North and East China, we found the recurring probabilities of locust plagues in the two tables were $89/126=0.7063$ and $64/85=0.7529$, with a difference of 0.0466. The result indicated that locust plague did not have a positive correlation with either warm or cold winter, and locust plague sequence could not be used to reconstruct winter half-year temperature. In a worldwide field of view, we made comparisons between several representative locust plague sequences and typical climate sequences. We found that locust plagues of Core Region had a good tele-connection with ENSO, and locust plague still had bad coherence with temperature, but good with drought. Ecological explanation was given.

In summary, our study was an integrated study on social influence and environmental significance of locust plagues in China during the historical period, and the study was an integrated work based on historical data, geographical methods and ecological explanation.

Key words: dynamics of locust plagues; social influence; environmental significance; ecological explanation; historical period; China

本文引用格式:

李钢, 王乃昂, 李卓伦. 中国历史蝗灾动态的社会影响及生态环境意义. 地理科学进展, 2010, 29(11): 1375-1384.