

1470~1949 年山东蝗灾的韵律性及其与气候变化的关系

张学珍¹ 郑景云² 方修琦^{1,2} 萧凌波¹

1 北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875
2 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

摘 要 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。结果表明: 1470~1949 年, 山东蝗灾规模没有显著的增减趋势, 而是呈准周期性变化, 其中主要周期为: 2~3 年, 准 5 年, 10~11 年, 16~18 年, 26~28 年, 80~100 年。进一步分析发现: 虽然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, 而寒冷气候则会限制蝗灾规模。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的大规模发生。尽管自 20 世纪 50 年代以来, 人为的治蝗活动可能已经明显地影响了蝗灾变化规律, 但未来数十年内气候持续增暖对其的影响仍不容忽视。

关键词 蝗灾 韵律性 气候变化 山东
文章编号 1006-9585 (2007) 06-0788-07 **中图分类号** P464 **文献标识码** A

The Rhythm of Locusts Plague and Its Relationship with Climate Change in Shandong Province During 1470—1949 A. D.

ZHANG Xue-Zhen¹, ZHENG Jing-Yun², FANG Xiu-Qi^{1,2}, and XIAO Ling-Bo¹

1 School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875
2 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101

Abstract Based on the locusts records in history documents, the number of counties with locusts plague occurrence (NCLP) in Shandong Province during 1470—1949 A. D. is reconstructed. The result reveals that there is no significant linear trend in the series of NCLP during 1470—1949 A. D. over Shandong Province. However, the rhythm is very evident, with the significant cycles of 2—3, 5, 10—11, 16—18, 26—28, and 80—100 years. The relationship between locusts plague with climate shows that: 1) warmer winter-half-year is necessary for outbreak of locusts plague in the decade-scale, while the colder winter-half-year can prevent it from outbreak. 2) There is a significant negative linear correlation between the series of NCLP and summer precipitation for the annual variability, but not for decadal variability. It is implicated that the climate warming in future may lead to the high risk of locusts plague, though the locusts activities have been deeply influenced by human since the 1950s.

Key words locusts plague, rhythm, climate change, Shandong Province

1 引言

作为一种对农业能产生毁灭性打击的生物灾害, 蝗灾肆虐于我国各个历史时期, 造成惨重的损失^[1~4]。随着科学技术的进步, 我国蝗灾的危害已明显减轻; 但近年来, 在全球气候变暖的背

景下, 蝗灾似有再度大规模爆发的趋势^[4~6]。大量个例研究表明, 蝗灾规模的变化与气候条件有关: 温暖、干旱的气候条件有利于蝗灾的爆发^[1,2,4,7~10], 如在加拿大 Alberta 地区, 蝗虫密度就与夏季温度成正相关, 而与前一年 8、9 月的降水量成负相关^[11]。然而, 蝗灾的规模与气温和降水量之间也并非简单的线性关系, 温度过高也会抑止蝗卵的发育^[12]; 在干旱地区, 长期的干旱少雨会导致地表植被恶化, 从而降低蝗虫密度, 使蝗灾减轻^[13], 此时降水的增多反而使蝗虫发育与成灾的可能性增大^[14]。但是这些研究结果大多是依据短时间序列的数据分析或实验室内的蝗虫生理试验得到的, 而关于蝗灾的长期变化趋势及其与气候变化关系的研究却不多见。本文拟采用历史文献中的有关记载, 对这一问题进行分析, 以期对未来全球变暖背景下的蝗灾风险分析提供一些依据。

2 资料说明

本文的研究区域为山东省, 研究时段为公元 1470~1949 年, 所用的资料包括历史蝗灾记载和此前重建的温度与降水序列两个部分。其中历史蝗灾记载源于《山东历代自然灾害志》^①、《山东省

自然灾害史》^[15]和《东北、华北近 500 年旱涝史料(合订本)》^②等整编史料。这些整编史料的大多数记录摘自各地方志(占总记录数的 90%以上), 另有小部分摘自明清实录、清史稿和清代档案。上述 3 份资料可相互弥补、相互印证。除去重复记录, 本文共得到山东省 1470~1949 年的蝗灾记录 1 174 条。其中, 明代(1470~1644 年) 469 条, 清代(1644~1910 年) 559 条, 民国(1910~1949 年) 146 条。这些记录可以分为 4 种类型(表 1): 类型 I, 明确记载了蝗灾出现的县域, 共有 1 131 条(占 96.3%); 类型 II, 仅记载某某府(某某直隶州)出现蝗灾, 共有 39 条(占 3.3%); 类型 III, 仅笼统记载山东省遭受蝗灾, 共 4 条(占 0.3%); 类型 IV, 明确记载 1929 年山东省有 30 多个县遭受蝗灾, 仅 1 条(占 0.1%)。

鉴于绝大多数记录明确记载了蝗灾所出现的县(含散州, 下同), 并且由山东省明、清和民国时期政区沿革资料^[16,17]可以看出, 山东省自 1470~1949 年政区的变化主要表现为府和直隶州的增减以及政区名称的改变, 而县级行政单位的数量变化甚小, 明末、清末和民国时期县级行政单位分别为 104、107 和 107 个。因此, 本文以县级行政单位为基本统计单元, 以逐年受灾县数为指标来重建蝗灾规模。

表 1 历史文献中关于蝗灾的记录类型举例
Table 1 Examples of records about locust plague in historical archives

类型	年份	记录	出处
I	1593	蝗飞蔽天	利津县志卷十·杂记
	1640	自春至秋无雨, 蝗杀稼殆尽, 人相食	福山县志卷一
	1795	商河秋蝗伤稼	武定府志
	1835	六月初五日, 有飞蝗蔽野, 食禾	寿张县志卷十
	1928	夏五月, 蝗蝻生, 田禾食尽	续修曲阜县志卷二·灾祥
II	1512	武定飞蝗蔽天	武定府志
	1636	秋, 七月蝗, 大饥, 斗粟千钱, 疫病大作	登州府志
	1763	东昌府秋蝗	东昌府志
	1759	夏, 闰六月蝗	泰安府志卷二十九
III	1473	八月, 山东旱蝗继水, 民饥	齐河县志
	1615	七月, 山东蝗	无棣县志卷十六
IV	1929	清平、金乡、恩县、陵县、武城、寿光、黄县、掖县、堂邑等 30 余县发生蝗灾	山东省农业大事记

注: “记录”项中的日期采用的是农历

① 山东省农业科学院情报资料室. 山东省历代自然灾害志(第四分册). 1979
② 中央气象局研究所, 华北东北十省(市、区)气象局, 北京大学地球物理系. 华北、东北近 500 年旱涝史料(合订本). 1975

首先,对于曾经更改地名的县级行政单位依据政区沿革资料,统一将其名称改为民国时期(1914 年)的名称。然后,对各类记录分别采用下列方法统计:类型 I 和 IV,直接统计县数;类型 II,若该府所辖的县中有蝗灾记载的县数超过(或等于)该府所辖县数的一半,那么按照实际有蝗灾记载的县数进行统计分析,否则认为当年该府半数的县出现了蝗灾;类型 III,仅将其作为旁证,不统计具体县数。最后得到 1470~1949 年山东省逐年遭受蝗灾的县数序列(图 1)。

需要指出的是,本文蝗灾记录主要源于地方志,距今越近、修志越频繁的趋势有可能导致受灾记录也随之呈距今越近、条数越多的趋势。不过,由于修志者在修志时,对距其所记年代较远的信息往往采取了浓缩的办法(如采用一条记载记述多个县受灾),这种趋势并不会对受灾县数变化的资料均一性产生明显的影响。再考虑到明清时期修志所遵循的记述规范是基本一致的,尽管史料中存在部分缺记或漏记现象,可以认为这并不会影响受灾县数记录的均一性^[18]。

本文采用的温度数据是基于历史文献中冷暖和物候记载重建的中国东部 16 世纪~20 世纪 40 年代的冬半年平均温度距平(相对于 1951~1980 年),时间分辨率为 10 年^[19];降水数据采用基于清代雨雪分寸重建的济南、泰安、潍坊、菏泽和临沂等 5 个站点 1736~1910 年逐年分季节的降水量^[20]。

3 蝗灾规模的变化及其周期性分析

图 1 给出 1470~1949 年山东省蝗灾县数序

列。统计显示,1470~1949 年,山东有 268 年(占 55.8%)出现不同规模的蝗灾,其中有 35 年(占 7.3%)的受灾县数 ≥ 10 ,最多的一年有 32 个县遭受蝗灾(1672 年),480 年平均蝗灾县数为每年 2.65 个。从逐年变化看,1528~1534、1615~1621、1637~1641、1671~1672、1689~1691、1856~1857、1915~1919 和 1927~1929 年等属于蝗灾的严重期(图 1)。其中,1637~1641 年最为严重,历年受灾县数分别为 12、26、25、26 和 18 个,其次为 1856~1857 年,受灾县数分别是 21 和 29 个。此前有研究指出,1528~1534、1615~1621、1637~1641 和 1856~1857 年也是黄淮海平原的 4 次蝗灾大爆发期^[21],由此可见这 4 次严重的蝗灾并非山东省的局地现象,而是波及整个黄淮海平原;1671~1672 年则对应于苏浙皖三省的蝗灾大爆发期^[22]。从年代际来看,17 世纪 30 年代(1630~1639 年,下同)蝗灾最为严重,年均受灾县数达到 8.6 个,其次为 17 世纪 10 年代,年均受灾县数为 8.1 个,另外 16 世纪 20 和 30 年代、17 世纪 40 年代、19 世纪 50 年代、20 世纪 10 和 20 年代的年均受灾县数也均超过 5 个。从百年际来看,17 世纪的蝗灾最重,年均 3.94 个县,其次为 20 世纪前半期,再次是 16 和 19 世纪,18 世纪的蝗灾最轻。

对蝗灾县数序列的趋势性分析表明,1470~1949 年山东蝗灾规模没有显著的趋势性变化。为进一步分析蝗灾规模的时间演变特征,在此对逐年受灾县数序列(序列长度 480 年)进行了最大落后步长为 160 年的连续功率谱分析(图 2)。从图 2 可以看出,2~3 年、准 5 年、16~18 年和 26~28 年的波动周期均通过了 95%的置信度检验;

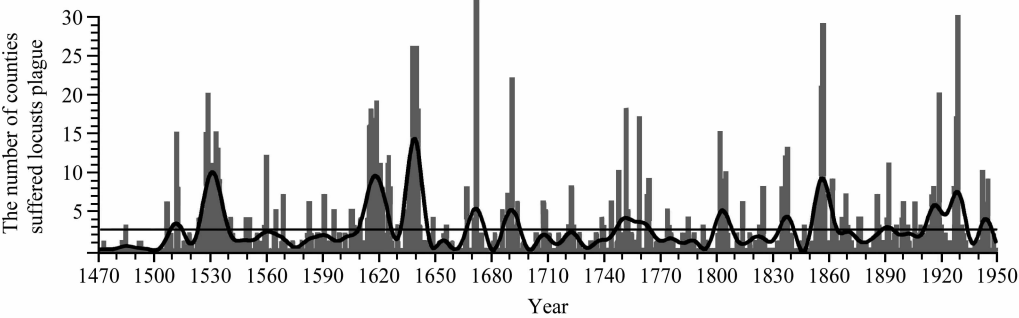


图 1 1470~1949 年山东省逐年蝗灾县数的变化(粗实线为 10 年滑动平均曲线,细实线为 1470~1949 年均值线)
Fig. 1 Number of counties suffered locust plague during 1470—1949 in Shandong Province (the thick line is 10-year running average, thin line is the average during 1470—1949)

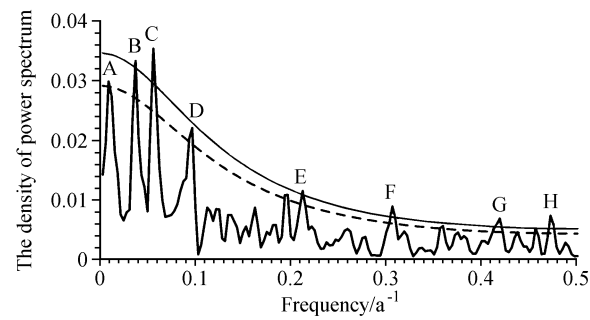


图2 1470~1949 年山东省年蝗灾县数的功率谱分析
(虚线和细实线分别是置信水平为 90%和 95%的红噪声谱;
A、B、C、D、E、F、G 和 H 分别表示 106.7、26.7、17.8、
10.3、4.6、3.3、2.4 和 2.1 年)
Fig.2 Power spectrum of counties suffered locust during 1470
-1949 in Shandong Province (the dashed and thin solid is red-
noise at 90% and 95% confidence, respectively; A, B, C, D,
E, F, G, and H represent 106.7, 26.7, 17.8, 10.3, 4.6,
3.3, 2.4, and 2.1 years, respectively)

10~11 年和 80~100 年的波动周期也通过了 90% 的置信度检验。这说明: 山东蝗灾规模变化不但存在显著的 2~3 年和准 5 年的年际波动, 而且也存在 10~11 年、16~18 年和 26~28 年的年代际波动和准世纪(80~100 年)波动。

此前有研究指出我国蝗灾变化存在 10~11 年的波动周期^[1,23], 也有研究指出东亚飞蝗在我国的发生没有明显周期变化^[21], 但本文结果却揭示: 山东蝗灾变化不但存在 10~11 年的波动周期, 而且还存在明显年际波动及 16~18 年、26~28 年和 80~100 年的波动周期。其原因可能在于早期研究所依据的文献资料相对较少, 且研究对象均是大蝗灾或者特大蝗灾, 而这种大蝗灾的重现期一般都是 10 年或者数 10 年, 所以未能被识别。

4 蝗灾与气候变化的关系

4.1 蝗灾与冬半年气温变化的关系

虽然在年代际尺度上, 冬半年平均温度与平均蝗灾县数的相关系数为 0.2, 未通过 95% 的置信度检验, 但是二者的波动却存在着一个明显的对应关系(图 3), 即蝗灾较为严重的年代, 其冬半年温度均偏高; 而在冬半年温度偏低的年代, 遭受蝗灾的县数均偏少, 蝗灾一般较轻。如 16 世纪 30 年代、17 世纪 10 年代和 30 年代、19 世纪 50 年代、20 世纪 20 年代这 5 个蝗灾比较严重的年代, 其平均温度较 16 世纪~20 世纪 40 年代的平均温度(以下简称“多年平均温度”)高 0.12℃; 在比较寒冷的 17 世纪 50 和 60 年代、18 世纪 90 年代、19 世纪 70 和 80 年代, 年均蝗灾县数较 16 世纪~20 世纪 40 年代的平均蝗灾县数少 1.8 个县。然而, 在相对温暖的 18 世纪, 却并没有爆发特别严重的蝗灾。这说明, 温暖的气候条件未必都会导致大规模的蝗灾, 但它是大规模蝗灾发生的一个必要条件; 蝗灾较轻的年代未必都寒冷, 寒冷的气候条件却是限制蝗灾规模的重要因素。在年际尺度上, 蝗灾与气温关系的研究也得出了相同的结论^[24,25]。因此自 20 世纪 80 年代以来, 蝗灾在我国再度爆发, 也与全球变暖、尤其是中纬度冬季变暖的气候背景有关^[4~6]。这意味着, 全球气候持续变暖的趋势^[26]将可能会加大未来蝗灾爆发的风险。

4.2 蝗灾与降水变化的关系

本文以重建的济南、泰安、潍坊、菏泽和临沂等 5 站的 1736~1910 年降水平均值代表山东全

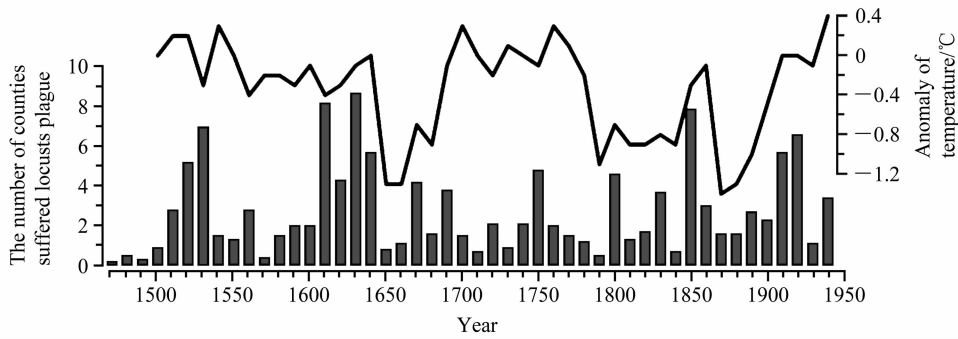


图3 年均受灾县数与中国东部冬半年温度距平的年代际变化(温度距平以 1951~1980 年为标准值)
Fig.3 Annual counties suffered locust plague and temperature anomaly for winter half year per decade (temperature anomaly is 1951—1980)

省的降水量,并与蝗灾县数进行相关分析。结果显示,蝗灾县数与当年春、夏、秋和冬季降水量的相关系数分别为 -0.03 、 -0.16 、 -0.01 和 0.02 ,与前一年春、夏、秋和冬季降水量的相关系数分别为 -0.07 、 -0.22 、 -0.03 和 -0.14 (样本量均为175),其中与当年夏季和前一年夏季的相关系数分别通过了95%和99%的置信水平检验。这表明在年际尺度上,蝗灾规模与夏季的降水量呈显著的负相关关系,尤其是与前一年夏季降水量的负相关关系更为显著,而与其他季节的降水量之间没有显著的线性相关关系;说明在年际尺度上,夏季的干旱不仅有利于当年蝗灾的大规模爆发,也为下一年蝗灾的爆发创造了有利条件。比如,上文提到的1528~1535年、1615~1626年、1637~1641年和1856~1857年等4次严重的蝗灾期,均发生在我国北方严重的干旱时期^[27];其中1637~1641年华北地区5~9月降水量均不足300 mm,比常年同期偏少3~5成^[28]。

在年代际尺度上,年均受灾县数与春、夏、秋和冬季降水量的相关系数分别为 -0.1 、 -0.11 、 0.11 和 -0.04 ,均未通过90%的显著性检验。由此可知,在年代际尺度上,蝗灾与任一季节的山东平均降水量均不存在显著的线性关系。

5 结论与讨论

通过对上述蝗灾长期变化趋势及其与气候变化关系的分析,可以得到以下认识:

(1) 1470~1949年,山东蝗灾没有显著的增减趋势,而是呈周期性波动,其中主要周期为2~3年、准5年、10~11年、16~18年、26~28年和80~100年。

(2) 蝗灾长期变化与气温、降水的关系密切,其中温暖气候是蝗灾大爆发的必要条件,寒冷的气候会限制蝗灾大规模的爆发;蝗灾规模与夏季降水量在年际尺度上呈显著负相关,在年代际尺度上二者关系不显著。

(3) 尽管人类活动对蝗灾的干预已经非常明显,但由于未来数十年内这一地区的气候将可能持续变暖,这会加大未来这一地区蝗灾爆发的风险。对此,应引起足够的重视。

此外,蝗灾变化的上述主要周期在华北地区

的降水量波动或东亚夏季风变化中均有所体现,研究表明^[29~34],华北地区的降水量不仅有准两年和4~6年的年际波动周期,而且也有准10年、18年和26~28年的年代际周期,并且还有80年的世纪周期。这可能说明,蝗灾规模的规律性主要受控于区域干湿变化的周期性,但尚需进一步研究。

参考文献 (References)

- [1] 马世骏. 东亚飞蝗在中国的发生动态. 昆虫学报, 1958, **8** (1): 1~40
Ma Shijun. The dynamics of oriental migratory locust in China. *Acta Entomologica Sinica* (in Chinese), 1958, **8** (1): 1~40
- [2] 郑云飞. 中国历史上的蝗灾分析. 中国农史, 1990, (4): 38~50
Zheng Yunfei. The analysis on locusts plague in Chinese history. *Agricultural History of China* (in Chinese), 1990, (4): 38~50
- [3] 施和金. 论中国历史上的蝗灾及其社会影响. 南京师范大学学报(社会科学版), 2002, (2): 148~154
Shi Hejin. On plagues of locusts in the history of China and their social influence. *Journal of Nanjing Normal University* (Social Science) (in Chinese), 2002, (2): 148~154
- [4] 陈永林. 中国的飞蝗研究及其治理的主要成就. 昆虫知识, 2000, **37** (1): 50~59
Chen Yonglin. Achievements of study and control on Chinese migratory locust. *Entomological Knowledge* (in Chinese), 2000, **37** (1): 50~59
- [5] 王正军, 秦启联, 郝树广, 等. 我国蝗虫暴发成灾的现状及其持续控制对策. 昆虫知识, 2002, **39** (3): 172~175
Wang Zhengjun, Qin Qilian, Hao Shuguang, et al. Present status of locust outbreak and its sustainable control strategies in China. *Entomological Knowledge* (in Chinese), 2002, **39** (3): 172~175
- [6] 任宝珍, 王同伟, 曲仁国, 等. 东亚飞蝗连年大发生的原因分析及治理对策. 莱阳农学院学报, 2002, **19** (3): 221~223
Ren Baozhen, Wang Tongwei, Qu Renguo, et al. The reason analysis of locusta migratoria manilensis meyen severe occurrence in several consequent years and its control strategies. *Journal of Laiyang Agricultural College* (in Chinese), 2002, **19** (3): 221~223
- [7] 马世骏, 尤其傲, 陈永林, 等. 中国东亚飞蝗蝗区的研究. 北京: 科学出版社, 1965. 1~29
Ma Shijun, You Qijing, Chen Yonglin, et al. *The Study*

- on Region of Oriental Migratory Locust of China (in Chinese). Beijing: Science Press, 1965. 1~29
- [8] Gage S H, Mukerji M K. A perspective of grasshopper population distribution in Saskatchewan and interrelationships with weather. *Environment Entomology*, 1977, (6): 469~479
- [9] 河南省植保植检站. 河南省东亚飞蝗及其治理. 郑州: 河南科学技术出版社, 1993. 131~132
Bureau of Plant Protection in Henan Province. *Present Status of Locust Outbreak and Its Control Strategies in Henan Province* (in Chinese). Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 1993. 131~132
- [10] 中国农业科学院植物保护研究所. 中国农作物病虫害 (上册) (第 2 版). 北京: 中国农业出版社, 1995. 653~669
Institute of Plant Protection in the Chinese Academy of Agricultural Sciences. *Plant Diseases and Insect Pests of Crop in China* (the frontier volume) (2nd ed.) (in Chinese). Beijing: China Agricultural Press, 1995. 653~669
- [11] Smith D S, Holms N D. The distribution and abundance of adult grasshopper in crops in Alberta, 1918—1975. *Canadian Entomologist*, 1977, **109**: 575~592
- [12] 王智翔, 陈永林. 内蒙古锡林河流域典型草原狭翅蝗虫种群动态与气象关系的研究. *生态学报*, 1987, **7** (3): 246~255
Wang Zhixiang, Chen Yonglin. Correlation between meteorology condition and population dynamic of typical pasture Chorthippus dubius in the reach of Xilin river Inner Mongolia. *Acta Ecologica Sinica* (in Chinese), 1987, **7** (3): 246~255
- [13] Dempster J P. The population dynamics of grasshopper and locust. *Biological Reviews*, 1963, **38**: 490~529
- [14] Stiling P. Density dependent processes and key factors in insect populations. *Journal of Animal Ecology*, 1988, **57**: 581~593
- [15] 魏光兴, 孙昭民. 山东省自然灾害史. 北京: 地震出版社, 2000. 57~63, 105~111
Wei Guangxing, Sun Zhaomin. *The Natural Disaster History of Shandong Province* (in Chinese). Beijing: Seism Press, 2000. 57~63, 105~111
- [16] 牛平汉. 明代政区沿革综表. 北京: 中国地图出版社, 1997. 77~97
Niu Pinghan. *The Table of Administrative Region Evolution During Ming Dynasty* (in Chinese). Beijing: Sino-Maps Press, 1997. 77~97
- [17] 牛平汉. 清代政区沿革综表. 北京: 中国地图出版社, 1990. 186~208
Niu Pinghan. *The Table of Administrative Region Evolution During Qing Dynasty* (in Chinese). Beijing: Sino-Maps Press, 1990. 186~208
- [18] 郑景云, 张丕远, 周玉孚. 利用旱涝县次建立历史时期旱涝指数序列的试验. *地理研究*, 1993, **12** (3): 1~9
Zheng Jingyun, Zhang Piyan, Zhou Yufu. A new approach of reconstructing the dryness/wetness index series in China during historical times by using the number of drought/flood counties. *Geographical Research* (in Chinese), 1993, **12** (3): 1~9
- [19] Ge Quansheng, Zheng Jingyun, Fang Xiuqi, 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. *The Holocene*, 2003, **13** (6): 995~1002
- [20] 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
Zheng Jingyun, Hao Zhixin, Ge Quansheng. Seasonal precipitation reconstruction and analysis in shandong Province derived from the archives in the Qing Dynasty since 1736. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2004, **9** (4): 551~566
- [21] 邹逸麟. 黄淮海平原历史地理. 合肥: 安徽教育出版社, 1997. 1~349
Zou Yilin. *History Geography of Huang-Huai-Hai Plain* (in Chinese). Hefei: Anhui Education Press, 1997. 1~349
- [22] 闵宗殿. 清代苏浙皖蝗灾研究. *中国农史*, 2004, (2): 55~62
Min Zongdian. Research on the locust calamity in Jiangsu, Zhejiang and Anhui provinces during Qing dynasty. *Agricultural History of China* (in Chinese), 2004, (2): 55~62
- [23] 王培华. 试论元代北方蝗灾群发性韵律性及国家减灾措施. *北京师范大学学报 (社会科学版)*, 1999, (1): 67~74
Wang Peihua. The rhythm of locust plague in the north China during Yuan dynasty and the national reducing disaster strategy. *Journal of Beijing Normal University* (Social Science) (in Chinese), 1999, (1): 67~74
- [24] 张洪亮, 倪绍祥, 邓自旺, 等. GIS 支持下青海湖地区草地蝗虫发生与月均温的相关性. *应用生态学报*, 2002, **13** (7): 837~840
Zhang Hongliang, Ni Shaoxiang, Deng Ziwan, et al. Correlation between monthly average temperature and grasshopper outbreak in the region around Qinghai Lake based on GIS. *Chinese Journal of Applied Ecology* (in Chinese), 2002, **13** (7): 837~840
- [25] 王成菊, 张洪军, 星智, 等. 铁卜加地区优势种蝗虫发生量与气象因子关系初报. *青海草业*, 2002, **11** (1): 3~4
Wang Chengju, Zhang Hongjun, Xing Zhi, et al. Relation report of dominant grasshopper occurring and weather factor. *Qinghai Prataculture* (in Chinese), 2002, **11** (1): 3~4

- [26] Meehl G A, Stocker T F, Collins W D, et al. Global Climate Projections. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. In: *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge UK: Cambridge University Press, 2007. 760~769
- [27] 李明志, 袁嘉祖. 近 600 年来我国的旱灾与瘟疫. 北京林业大学学报 (社会科学版), 2003, **2** (3): 40~43
Li Mingzhi, Yuan Jiazuo. Drought and pestilence in China in the past 600 years. *Journal of Beijing Forestry University* (Social Sciences) (in Chinese), 2003, **2** (3): 40~43
- [28] 陈玉琼. 近 500 年华北地区最严重的干旱及其影响. 气象, 1991, **17** (3): 17~21
Chen Yuqiong. A study on the droughts and their impacts from 1470—1979 in North China. *Meteorological Monthly* (in Chinese), 1991, **17** (3): 17~21
- [29] 陈育峰, 张强. 气候周期与天体活动周期的对应性及其区域特征的初步探讨. 地理研究, 1995, **14** (4): 91~96
Chen Yufeng, Zhang Qiang. A preliminary discussion on periodical correspondence between climate and celestial activities and its regional characteristics. *Geographical Research* (in Chinese), 1995, **14** (4): 91~96
- [30] Dai Xingang, Wang Ping, Chou Jifan. Multiscale characteristics of the rainy season rainfall and interdecadal decaying of summer monsoon in North China. *Chinese Science Bulletin*, 2003, **48** (24): 2730~2734
- [31] 朱锦红, 王绍武, 慕巧珍. 华北夏季降水 80 年振荡及其与东亚夏季风的关系. 自然科学进展, 2003, **13** (11): 1205~1209
Zhu Jinhong, Wang Shaowu, Mu Qiaozhen. 80 years oscillation of summer precipitation in North China and its correlation with East Asia Summer Monsoon. *Progress in Natural Sciences* (in Chinese), 2003, **13** (11): 1205~1209
- [32] 郭其蕴, 蔡静宁, 邵雪梅, 等. 1873—2000 年东亚夏季风变化的研究. 大气科学, 2004, **28** (2): 206~215
Guo Qiyun, Cai Jingning, Shao Xuemei, et al. Studies on the Variations of East-Asian Summer Monsoon during A D 1873—2000. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 2004, **28** (2): 206~215
- [33] Xu Yueqing, Li Shuangcheng, Cai Yunlong. Wavelet analysis of rainfall variation in the Hebei Plain. *Science in China* (Ser. D), 2005, **48** (12): 2241~2250
- [34] 黄荣辉, 陈际龙, 黄刚, 等. 中国东部夏季降水的准两年周期振荡及其成因. 大气科学, 2006, **30** (4): 545~560
Huang Ronghui, Chen Jilong, Huang Gang, et al. The quasi-biennial oscillation of summer monsoon rainfall in China and its cause. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 2006, **30** (4): 545~560