

中国近 2000 年来气候演变的阶段性 *

张丕远 王 铮 ** 刘啸雷 张时煌

(中国科学院 地理研究所, 北京 100101)
国家计划委员会

摘 要

对中国古文献记录的气候信息分析发现, 中国气候变化是由一系列突变构成的, 主要的变化发生在 280's A.D., 490's A.D., 880's A.D. 和 1230—1260's A.D. 附近. 其中又以 1230—1260's A.D. 的变化最为明显, 它开始了中国现代季风气候结构. 研究还表明, 在 280's—1230's A.D. 间中国气候可能进入一个混沌阶段, 而且 880's—1230's A.D. 间, 这种特征特别明显.

关键词 气候变化、突变现象、湿润指数、中世纪温暖期

竺可桢^[1] 奠定了中国近 5000 年气候演化的基本认识. 20 年来关于中国历史气候演变的一些新史料不断地发掘, 沉积学、考古学的证据也不断地发现. 本文主要根据满志敏、张修桂等近 20 位历史学家、历史地理学家整理的历史时期旱涝记录和郑景云等整理的近 500 年旱涝记录, 以及我们新发现的气候史料, 试图从一个连续的气候序列认识中国近 2000 年来气候演化的特征. 我们所借助的旱涝序列, 从 137 B.C.—1470 A.D. 的记录, 共 22562 条, 整理自明代以前的古文献. 明代以后根据方志与清宫奏折. 旱涝状态依次定为 5 级, 其中 1470 A.D. 前资料由满志敏一人定级, 其后资料由郑景云一人定级, 并重复 176 年以用于匹配衔接. 资料的时间分辨率为 1 年, 空间采样点共 47 个, 分布于 25°—40°N 和 105°—120°E 内, 如图 1 所示. 关于资料的来源与定级, 满志敏、郑景云等有另文叙述^[2, 3].

1 近 2000 年主要的气候突变

近 20 年来气候学理论上的一个重要进展是气候突变地位的确定. 叶笃正^[4] 讨论了气候突变的几种类型. 常用的 Mann-Kendall 方法在识别复杂类型的突变现象特别是多维资料时存在困难. 本文引入了两种新的气候突变识别方法: FCM^[5] (模糊动态中心平均聚类) 和概率变点检验方法^[6]. 前一方法的基本出发点是依吸引子中心变化位置识别气候突变, 后一方法依气候状态分布概率 (不仅是均值) 的变化识别气候突变. 其次我们还引用了一些直观方

1993-07-05 收稿, 1993-11-01 收修改稿.

* 国家自然科学基金及中国科学院资助项目.

** 现在中国科学院政策与管理研究所, 北京 100080.

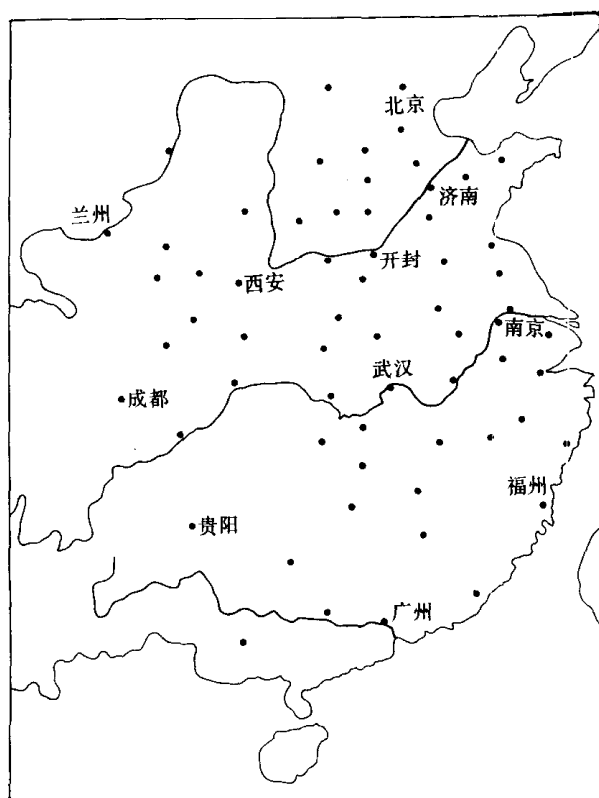


图1 采样点分布

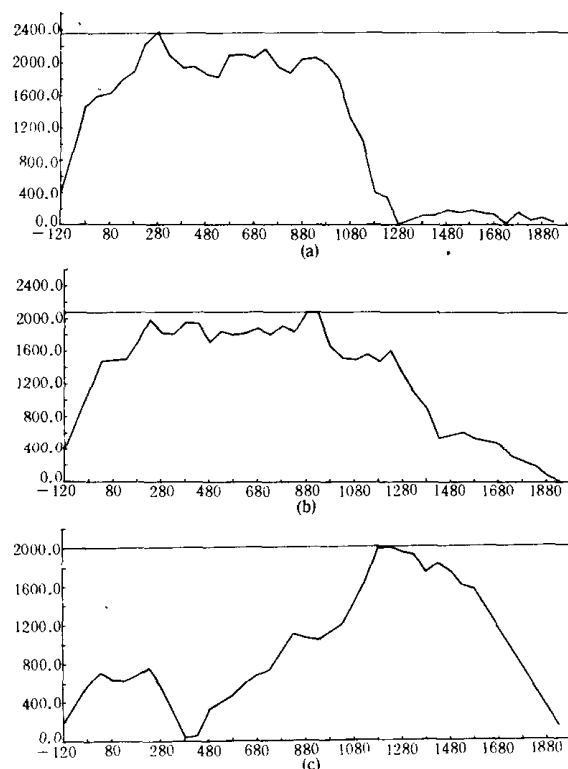


图2 旱涝序列变点检验

说明见正文。横坐标为年代(以 A.D. 为准),
纵坐标为频率值

法。由于我们的资料在 1470 A.D. 前来自不同源, Mann-Kendall 方法仅识别出这个资料变异的“突变”,故本研究未采用 Mann-Kendall 方法¹⁾。

利用 137 B.C.—1990 A.D. 的旱涝序列,我们计算了偏涝、偏旱和(大旱+大涝)出现的频率,利用这 3 个量作概率变点检验得到图 2 的结果。在图 2(a)中,约 280 A.D. 前后发生有一次概率分布变化,对应于一次气候突变。它的前期偏涝,后期偏旱,由于旱涝频率,是以 50 年为阶段滑动计算的。对中点的误差范围为 ± 25 年,所以这个突变发生在约 $280's \pm 25$ A.D. 间。图 2(a)对偏旱频率作了检验,其最大值发生在 $880's \pm 25$ A.D. 附近。图 2(c)表明气候突变发生在 1240 ± 25 A.D. 附近,将 $1240's$ A.D. 附近的变化与 $280's$ A.D. 及 $880's$ A.D. 的变化相比较,后两者在变化前后曲线平直,而前者呈现明显尖点。进而对这 3 个概率变点显著性检验,在显著水平为 0.01 时显著性值为 2.8,计算发现对应于 $280's$ A.D., $880's$ A.D. 和 $1240's$ A.D. 的检验值分别为 17.3, 17.0 和 20.5,突变显著。按我们的算法可知,它标明 $1240's$ A.D. 的变化较其它二次明显。对比图 2(a), (b) 两图出现的极小值,我们发现这个突变发生于 1230—1280 A.D. 间,我们还发现在图 2(c)中于 $380's$ A.D. 附近、图 2(b)中于 $490's$ A.D. 附近、在图 2(a)中于 540 A.D. 附近发生了明显的极小值,这标明了 $490's$ A.D. 的前后 160 年间发生了气候的一个明显的转变过程。

1) 新算法的引入工作,得到了中国科学院应用数学研究所潘一民、张锁春教授和项静恬副教授的合作。

为了更严格地识别突变,我们以空间分布的 45 个点旱涝等级为状态分量,作了气候情景分析. 所谓情景即空间分析,情景分析的结论,适应于全国而不局限于个别地区. 作为时间序列,它是多维的,多维资料保证了反映空间的整体变化,它能使我们不仅发现气候平均状态变化,也可以发现气候情景差异变化. 为研究这种变化,我们引用 FCM 方法,假设存在三种气候空间情景类型,即将空间类型划分为三种类型. 结果发现以 1260 A.D. 左右为界,气候划分为两个时期,在 1230's A.D. 以前,空间分布情景属于第一、第二类型,1260's A.D. 以前,空间分布情景属于第一、第二类型,1260's A.D. 以后,为第三类型,1230—1260 A.D. 为过渡期. 如以 105°E 为界划分东、西部,在 1230's A.D. 的变化,西部变化发生于 1231—1237 A.D. 间,此后有短暂波动,至 1260's A.D. 完全稳定;东部变化发生于 1237—1242 A.D. 间,此后稳定为一类. 这次变化有全国的同时性. 280's A.D. 的变化,东部在 243 A.D. 以前以第一类为主,284 A.D. 后以第二类为主,气候波动了约 40 年. 在中国西部这个变化并不明显,只是在 279—291 A.D. 间有异常类型,西部的变化以 450's A.D. 明显,450—487 A.D. 间发生类型波动. 在东部对应于这个时期类型变化较为频繁,490's A.D. 后稳定了 50 年又出现类型波动,直到 570's A.D. 才稳定下来,这现象标志着这一阶段气候具渐变性. 在西部,580's—760's A.D. 间又回到早期的偏涝类型上,最盛期为 710's—750's,即盛唐时代,此后变干,并保持到 860's A.D. 发生转型;东部的这个变化延迟到 870's A.D. 是一旱涝类型频率变化期,此后又相对稳定在较湿润的类型上,直到 1230's A.D. 发生气候的重大转折.

此外,我们研究了 137 B.C.—1470 A.D. 间气候的旱、涝频率变化,我们的作法是以偏旱频率,偏涝频率作为两个变量,从而构成一个相空间. 将每一年的偏旱频率和偏涝频率作为横纵坐标点在相空间,这样 137 B.C.—1470 A.D. 的全体相点就构成了气候系统的相轨道. 结果发现 1230 A.D. 以后轨线偏于干旱一侧,旱灾出现的频率大于 0.3,而且轨线呈现出大小两个环,有序性明显,在 1230's A.D. 以前旱灾频率几乎不大于 0.3,轨线密集成一团无规则分布. 相轨道显示,1240 A.D. 左右的变化具有重要意义. 为了进一步分析气候序列变化的有序性和浑沌性,我们以序列数据计算了序列的 Lyapunov 指数,计算是以 20 年为间隔求一值的. 结果表明,272 A.D. 以前, Lyapunov 指数的计算值全为负值,272—292 A.D. 间有正有负,292 A.D. 以后为正值直到 448 A.D.,此后又忽正忽负,在 612 A.D. 后再次变正,并且基本上为正值直到 882 A.D. 中的 712's A.D. 附近,762—882 A.D. 间有短暂负值. 888—932 A.D. 间,又出现负值,此后变正,最后 1248 A.D. 以后转为负值. 总之, Lyapunov 指数分析指出,280 A.D. 以前和 1248—1450 A.D. 期间为正常阶段,280—1248 A.D. 为气候混沌时期. 综上所述,可以断言在 280's A.D., 880's A.D. 和 1230's A.D. 左右存在明显的气候突变,在 380 A.D., 490 A.D. 和 560 A.D. 左右存在明显气候转折.

2 280—1230 A.D. 间一系列气候转折

发生于 280's A.D. 的突变,主要气候标志是降温. 竺可桢已经提出,两汉以后中国气温下降了一个水平,但他将 224 A.D. 淮河结冰作为温暖气候结束的标志. 后据谭其骧考证(私人通信),那次事件实为淮河支流结冰,不足定论. 其实两汉温暖期的结束应在 280 A.D. 以后,因为大量的寒冷事件发生于此期. 图 3 给出了魏晋—南北朝间的寒冷事件发生频数,它生

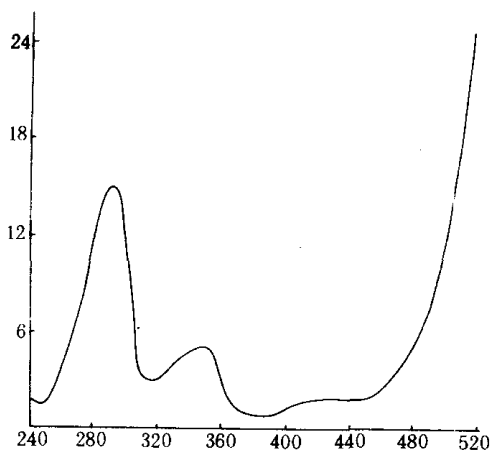


图3 魏晋-南北朝间每 20 年寒冷事件
频数(据正史记载)

横坐标为年代(A.D.), 纵坐标为频率值

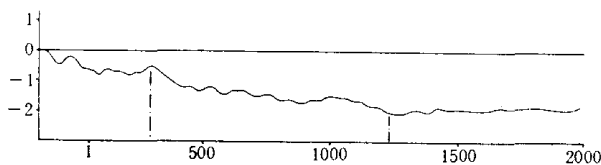


图4 近 2000 年中国湿润状况变化

横坐标为年代(B.P.), 纵坐标为湿润系数

动地揭示, 气候变冷是 280 A.D. 开始发生的, 而且约 360 A.D. 后, 气候回暖, 气候再次变冷发生在 490's A.D. 以后。

与 280's A.D. 相应的中国湿润度变化, 可能是中国近 2000 年以来的最大降水变化^[7]。中国平均湿润度的最大转折发生在 280's A.D.—480's A.D. 之间, 从 280's A.D. 以前偏湿, 并经历一个波动周期, 280's A.D. 开始中国迅速变干, 这个迅速变干的过程大约在 480—500 A.D. 间结束。图 4 是前文计算得到的湿润系数, 主要特征是自 280 A.D. 开动, 湿润系数下降, 下降速度在 280—500 A.D. 间最快, 280—1230 A.D. 以后, 湿润系数基本上是稳定的。实际上本文关于 280—490 A.D. 气候迅速变干的结论得到孢粉证据的支持, 孔昭宸、杜乃秋、山发寿^[8]以 QH85-14C 孔孢粉特征发现青海湖地区在 1500 B.P. 以前为森林草原环境, 1500 B.P. 后为疏林草原环境, 从其所附曲线看, 在 1500 B.P. 以后气候开始明显变干。它与我们的结果完全一致。

过去认为魏晋-南北朝期间是一个持续的寒冷阶段。竺可桢估计这一阶段气温较今约低 1°C, 本文的研究加深了对这一阶段气候的认识。首先, 如图 3 所示, 360—490 A.D. 间寒冷事件变得稀少起来, 其次, 概率变点检验发现在 380 A.D., 490 A.D. 和 560 A.D. 左右存在变化, 表明魏晋-南北朝期间存在气候波动。开始于 280's A.D. 的较寒冷阶段大约持续到 360's A.D., 此后涝灾相对增多, 气候也有所回升。367 A.D., 拓跋什翼健十月从今大同出兵统万城, 至黄河边, 黄河“冰未成, 帝乃令以苇绁约渐, 俄然冰合”, “冰草相结若浮桥, 众军利涉”(《北史·魏本纪》)。由这个黄河“流冰”与可结冰日期推断, 当时气候较今略低。但是, “天兴初(398 A.D.)制定京邑, 东至代郡, 西及善元(今左玉西), 南极阴馆, 北尽参合(今岱海)为畿内之田, ……劝课农耕, ……比年大熟”(《魏书·食货志》), 其农业北界与现代一致。在 398—469 A.D. 间北魏向此间大规模移民授田, 人数达百万之多(马长春《乌桓与鲜卑》), 484 A.D. (太和八年), 北魏公布了当时贡纳绵、绢及丝的地区, 及少桑蚕以麻充税区, 贡丝区在东部北达 39°N(定州北界), 西部北至 34.5°N(咸阳郡南部), 与现代桑蚕分布相比, 界限北移¹⁾。

1) 据《中国大百科·农业》, 榨蚕在清代才从山东原产地推广开, 故这里的丝为桑蚕产物。

由此可见 360 A.D. 左右气温转暖, 后期高出现代气温, 温暖期至少延致 480's A.D..

490—500 A.D., 湿润指数稳定下来, 迅速变干时期结束. 同时气温也有所下降, 统计《魏书·灵征志》记载, 自太和九年(485 A.D.)开始, 寒冷事件开始增多, 霜灾最频期为 6 世纪的前 10 年, 气候变冷是迅速的. 由上述种种证据推断, 490's A.D.—500 A.D. 间发生了一次具突变性质的气候转折.

由概率变点检验发现气候的再次转折发生于 560—580 A.D. 左右, 以后气候逐步回暖, 大约于 610's A.D. 进入一个较今温暖时期. 温暖期一直延至 1230's A.D., 并且以 880's A.D. 左右的为界划分为两个时期.

880 A.D. 以前, 气候基本上是持续温暖的, 但 796—830 A.D. 间满志敏^[9]发现较多寒冷证据, 为一较低温阶段. 不过我们估计其气温不会比现代低, 因当时福州一带荔枝尚能存活, 其后寒冷事件再度减少. 竺可桢论证隋唐温暖气候的证据之一是《蛮书》(成书于 862 A.D.)中记载“曲、靖以南”收稻后于稻田种大麦, 后考证出曲、靖二州为今大关、昭通, 其位置比今曲靖更北, 年均温较曲靖低 2°C, 无霜期短约 50 天^[10], 这就说明气温可能比竺可桢原估计要略高一点, 而不是低.

880's A.D. 以后寒冷事件迅速增加, 但是 10 世纪开始不久气温重新变暖, 约 910's A.D., 后唐的冬麦种植扩展到了今大同一带. 满志敏等用 960—1109 A.D. 开封冬季寒冷指数对应的冬温与 1880—1970 年间平均温度相比较, 高出约 0.4°C. 他们主要从种植带和植物生长北界位置推断, 当时中国中部气候带较今北移约 1 个纬度. 从气温上看, 880's A.D. 的突变似乎意义不大, 其实不然, 关于这个问题, 我们将在下节讨论.

880's—1230's A.D. 时期的气候阶段的特点是气候状态波动性很大. 这一时期, 如满志繁等^[11]论述的, 应为一温暖期; 但是, 它又充满了奇寒事件, 如竺可桢^[1]所认识的. 同时, 这一时期又有一些暴暖事件, 而且与奇寒事件相间发生. 表 1 中, 我们给出了这一期间奇寒暴暖连续发生的事实. 气候的这种急剧波动, 只能用“混沌”状态才能说明. 实际上如第一节所述、

表 1 10—13 世纪初的冷暖并发现象^{a)}

年代(A.D.)	奇 寒/ 暴暖现象	年代(A.D.)	奇 寒/ 暴暖现象
962	春, 延宁二州雪盈尺, 丹州, 雪二尺仄 次县, 阴霜杀桑, 民不蚕	1001	三月, 京师及近畿诸州, 雪损桑
964	冬无雪	1007	渭州, 早霜伤稼
967	冬无雪	1009	京师冬温无冰
968	冬, 京师(开封)无雪	1016	十二月, 大名、澶、相州, 并霜害稼
969	冬无雪	1017	京师大雪苦寒, 人多冻死
982	三月宜州霜雪害桑稼	1018	永州(湖南南部)大雪六昼夜, 江、陵鱼皆冻死
985	南康军(鄱江湖一带)大雨雪, 江水冰胜重载	1027	夏秋大暑, 毒气中人
988	闰五月郢州风雪伤麦	1043	十二月大雨雪
991	冬温, 京师无冰	1054	京师大雪, 贫弱之民冻死者甚众
992	三月, 商州霜, 花尽死. 九月, 京兆府大雪 寒杀稼	1056	正月京师大雨雪, 泥涂尽冰
992	二月, 商州大雪, 民多冻死	1061	冬, 京师无雪
995	冬无雪	1062	是年冬无冰
996	冬无雪	1067	冬无雪
		1085	冬无雪
		1086	冬温无雪(《宋史·哲宗本纪》)

表 1 (续)

年代(A.D.)	奇 寒/ 暴暖现象	年代(A.D.)	奇 寒/ 暴暖现象
1087	京师大雪连月, 之春不止		台州(今浙江临海)雪深丈余
1090	冬无冰雪	1176	冬, 气煖如仲夏
1093	十一月京师大雪多流民	1190	三月留寒至立夏不退, 十二月建宁府大雪深数尺
1094	冬温无雪(《宋史·哲宗本纪》)		
1110	福州大霜, 荔枝全部冻死(《淳熙三山志》、《翁镛闲评》)	1191	正月行都大雪积泾河, 冰雪尺余
1113	十一月, 京师大雨雪连十余日, 平地八尺余	1193	二月雪
1126	闰十一月, 京师大雪盈三尺不止	1195	冬无雪
1127	正月京师, 大雪天寒悲, 地冰如镜, 青城大雪数尺	1196	冬无雪
1129	六月寒	1198	冬无雪, 越岁春煖而雷
1132	太湖“踏冰可行”. (《鸡肋篇》)	1199	二月雪
1135	二月雪, 五月大寒, 四十余日. 冬, 江汉地区“冰凝不解, 深厚数尺”(《系年要录》)	1200	二月雪, 五月之暑如秋. 冬煖无雪, 桃李华, 虫不蛰
1136	二月雪, 冬温无雪冰	1207	二月雪, 冬少雪
1161	正月大雨雪, 寒甚. 冬无雪	1208	二月雪, 春煖如夏
1165	二月大雪, 三月暴寒损苗	1213	二月雪, 六月亡暑夜寒. 冬煖而雷无冰, 虫不蛰
1166	春大雪, 寒, 至于三月损蚕麦	1215	夏, 五月大煖
1167	冬温少雪无冰	1216	二月雪, 冬无雪
1168	二月大雪	1219	二月雪
1169	二月雪. 冬温无雪冰	1220	冬无冰雪, 越春暴煖
1170	五月大风雪, 寒伤稼. 冬, 温无雪冰	1224	三月雪
1172	冬, 淮水冰断流, 大雪自十二月至明年正月,	1225	四月雪
		1228	(金境)春大寒, 二月雪而雷

a) 除注明出处外, 其余根据《宋史·五行志》、《金史·五行志》整理, 部分记录原文未注明地点, 从其他有记录的推断, 未注明地点者应为当时中央政府控制的大部分地区.

280—1230 A.D. Lyapunov 指数基本为正值. 气候的确具有混沌的数学特征. 在 280—1230 A.D. 之间, 较其它时期多发生气候转变, 也可能解释作“混沌”状态对干扰的敏感性. 气候的这种强烈的波动性, 使中国的中世纪温暖期以 880 A.D. 为界划为了两个时期.

3 1230's A.D. 左右气候突变的意义

1230's A.D. 左右的变化, 如前所述, 发行于 1230's A.D. 后期, 其过渡时期可能持续到了 1260 A.D., 甚至 1280 A.D.. 这个变化在湿润度方面从下降变到平稳(见图 3), 气温下降. 在中国历史文献中, 这一突变存在明显的反映, 对《宋史·五行志》、《宋史·食货志》、《辽史·食货志》、《金史·五行志》、《元史·五行志》、《元史·食货志》的霜冰灾害作统计, 结果发现, 960(建隆元年)—1230 A.D. 间, 北宋、辽、南宋, 金霜灾记录为 12 次, 其中还包括了“霜木”记录. 1230 A.D. 以后霜灾记录大为增加, 1260(中统元年)—1330 A.D.(至顺元年)间记录霜灾 28 次, 其中仅 1260's A.D. 发生霜灾 5 次. (1230's A.D., 仅有 1237 A.D.(南宋嘉熙元年)“三月霜”一次记录, 这一阶段的缺失, 可能与战乱有关).

霜灾的增多不是偶然现象, 因为霜灾增多代表的气候变冷使得桑树的栽植向南方退缩, 与此同时, 棉花在北方代替了桑蚕的地位. 表 2 中给出了桑树受灾退缩的情况, 可以发现“霜

表 2 13—14 世纪桑树冻死情况^{a)}

年代(A.D.)	地 点(古地名)	史 实
1228	郑州	四月大雨雹,桑柘皆尽
1266	东平等处	蚕灾,(税)减其丝料五年 ^{b)}
1270	济南、益都、怀孟、德州、淄莱、博州、常州、真定、顺德、河间、济州、东平、恩州、南京等地	蚕桑灾重,量免丝七年 ^{b)}
1284	山东	陨霜杀桑,蚕尽死,被灾者 3 万余家
1292	济南、般阳等及恩州属县	霜杀桑
1304	济阳、濰城二县	霜杀桑
1305	河间、益都、般阳三郡属县	陨霜杀桑
1305	清、莫、沧、献四州	霜杀桑一百四十一万七十余本壤,蚕一万二千七百余箔
1313	济宁	霜杀桑
1314	东平、般阳等郡,泰、安、曹、濮等州	大雨雪三日,陨霜杀桑
1314	济宁、汴梁等,开州、青城、渭源诸县	霜杀桑,无蚕

a) 第一条据《金史·五行志》,第二、三条据《元史·食货志》,其余据《元史·五行志》; b) 虽未说系冻害,但五年、七年恢复原生产水平推应为树木死亡,待“三年后正长旺”以后收税,第二次灾更重,需六年恢复。

杀桑”的现象逐渐地南移,以恩州和汴梁两地比较,从 1260's A.D. 到 1310's A.D. 约 50 年间,桑树栽植适宜区从 37°N 以北,退缩到 35°N 以南,约 2.5 个纬度,相当于气温下降近 1°C 以上。元初政府出版的《农桑辑要》,特别地以栽桑为一卷,可能反映了桑树冻死,栽桑的必要性。元政府特别重视农桑,“岂辽金所能比”(《元史·食货志》)。至大二年(1309 A.D.),“苗好谦献种蒔之法”将田亩“筑垣墙围之,以时收采桑椹,依法种植”、“其法出《齐民要术》等书兹不备录”、“武宗善而行其法”(《元史·食货志》)这实为中国推广桑苗苗圃种植的开始,苗圃种植使幼树得以抗低温而成活。这一农作方法的推广,是适应气候变化的作法。关于这一时期桑为棉代替的事实已为农史学家多次论述^[13]。一些人认为桑被棉代起因于战乱破坏了桑树,其实不然。元初政府十分重视农桑,“世宗即位之初,首诏天下”、“以农桑为本,于是颁《农桑辑要》之书”,中统“二年设劝农司…专掌农桑水利”,“颁农桑之制十四条”,载“每丁岁种植桑枣二十株”,“纵畜牧损禾稼桑枣者责其偿而罪之”,并组织了农业合作组织的形式,发展农桑。如果不是气候变化,按当时种植水平,“地桑,三年后正长旺”(《农桑辑要·栽桑》),即使战乱损伤桑树,它也是可以很快恢复,而不至于为棉所取代。

这次突变在北方似乎于 1220 A.D. 晚期已有反映。自 1226 A.D.,金朝地域不断有“大寒”的记录,最强烈的是 1232 A.D.“五月大寒如冬”。多次寒冷后继之于大旱。在南方,1231—1238 A.D.,杭州几乎连年雨雪(《宋史》、《金史》)。同时大旱灾不断发生。持续旱灾已造成了环境的恶化。蒙古乃马真皇后称制后期,境内大旱,牛马死去十之八九,民无以为生(《元史·本纪》)。这一灾害活动时期不是短期,而是持续的,元建国后,1260—1339 A.D. 年间,有记载的赈济粮数不断增加,北方地区,暴风雪和干旱灾害引起的牧民大量南迁,直到 1324 A.D. 元政府下死令禁止(《元史·本纪》)。

约发生在 1230—1260 A.D. 间或者说 1240 A.D. 左右的这次突变,具有全球的反映。Bayson^[13] 报道 13 世纪开始不久,北欧,北美、印度均发生气候带南移现象,格陵兰开始为冰盖所覆满。他认为这是全新世高温期结束来的最大事件。1992 年 Chylek 等报道^[14],格陵兰 Dye-3

冰芯的黑碳含量在 900—750 B.P. 的时间发生最大变化, 750 B.P. (1240 A.D.) 以后为 $0.64 \mu\text{g}/\text{kg}$, 900 B.P. (1100 A.D.) 以前为 $1.93 \mu\text{g}/\text{kg}$, 900 B.P. 时为 $2.4 \mu\text{g}/\text{kg}$, 750 B.P. 为 $0.7 \mu\text{g}/\text{kg}$, 其间未测量, 黑碳含量反映了格陵兰毗邻环境从森林较多向较少森林的退化. 显然这次变化具有突变的性质.

发生于 1230—1260 A.D. 的气候突变, 从整体上将中国历史气候划分为两个阶段. 至少在近 2000 年内, 1230 A.D. 以前, 平均气候较今天高出 1°C . 20 世纪以来的升温, 仍未达到 1230 A.D. 以前的平均气候水平.

1230—1260 A.D. 的变化, 其重要意义可能在于它奠定了中国现代季风气候的格局. 多项研究证明, 中国现代地理环境, 大致以腾冲—黑河连线(即所谓胡焕庸线)为界: 东部地区湿润温暖, 农业密度大, 人口集中; 西部干燥, 冬季严寒, 植物生长条件恶劣, 人口稀少. 而且东部地区年均温、年降水、活动积温呈现平行胡线方向的特征. 为了研究气候变化, 我们绘制了 2000 年来的旱涝频率等值线图. 结果发于 1200 A.D. 以后旱涝频率等值线和 200 A.D. 以前旱涝等值线呈现出了胡线方向, 其它时期这方向并不明显. 表 3 给出了历史时期旱涝频率描绘的气候情景与现代气候情景的差异, 它生动地显示了 1230's A.D. 左右气候变化的意义.

表 3 历史时期中国旱涝分布的主趋势方向

年代(A.D.)	趋势走向	最大分异方向	年代(A.D.)	趋势走向	最大分异方向
-100—100	垂胡向, 纬向	胡向	900—1100	不明显	不明显
100—300	不明显	不明显	1100—1300	胡向, 经向	纬向
300—500	纬向, 胡向	经向	1300—1500	胡向, 经向	纬向
500—700	经向, 垂胡向	胡向	1500—1700	胡向, 纬向	经向
700—900	胡向, 纬向	经向	1700—1900	胡向, 纬向	经向

关于“胡线方向”的存在, 一般认为是季风影响向东南、向西北梯度衰减的结果. 又据鹿化煜^[15]研究江苏沿海历史时期风暴潮记录, 以 13 世纪为界显著变化. 从 1 世纪到 12 世纪有记录数为 33 次, 13 世纪为 5 次, 14 世纪为 17 次, 15 世纪为 36 次, 16 世纪为 40 次, 17 世纪为 31 次, 18 世纪为 32 次, 19 世纪为 20 次, 20 世纪(前半)17 次. 综上所述, 我们认为现代季风环流特征是 1230 A.D. 以后形成的. 这一认识, 也与 13 世纪开始格陵兰冰盖扩张, 全球性气候带南移一致.

为了进一步发现 1230—1260 A.D. 气候突变与季风环流的关系, 我们对 480—860 A.D., 860—1230 A.D. 和 1230—1450 A.D. 时期旱涝波动作了频谱分析. 有意义的是在 480—860 A.D. 间, 主周期为准 14 年、准 11 年、准 3.5 年和准 2 年; 860—1230 A.D. 间, 上述周期除准 11 年外均不明显, 出现了准 35 年、准 7 年和准 3 年周期; 1230 A.D. 以后, 准 7 年周期消失, 11 年周期变弱, 代之以准 19 年、准 9 年周期. 注意到, SO 存在 36 年、19 年周期, El Nino 存在 3—4 年波动. 由此我们推断, 1230—1260 A.D. 的变化可能与 SO 有关, 特别是这个变化与北半球西风带南移有关, 那么它与 SO 的关系就不难理解了.

从上述谱分析我们发现, 与 SO 联系的季风环流结构的调整可能从 880 A.D. 已经开始, 这一结论也与其它发现一致. 高尚玉、陈渭南等^[16]提出 1100 B.P. 是中国西部沙漠演变的一个重要阶段, 毛乌素沙地发育于 1100 B.P. (约 890 A.D.) 后. 注意到胡焕庸线正好位于毛乌

素沙地东南,由此可见,东南季风的影响在这个时期开始退缩.统计发现,历史时期中国发生最多的气候灾害是小旱与大涝^[7],图 5 中我们给出了 280—1990 A.D. 时期小旱、大涝频率的空间情景.约 880 A.D. 后,小旱代表的干旱化气候事件已具有现代特征,即胡方向和纬向分布特征明显,大涝为代表的强烈降水事件过程,则以 1230 A.D. 为起点,强烈降水相对减少,大涝频率等值线几乎一致地平行于胡焕庸线.此前则是与胡焕庸线无关的,它们与中国沙漠的变化趋于一致.

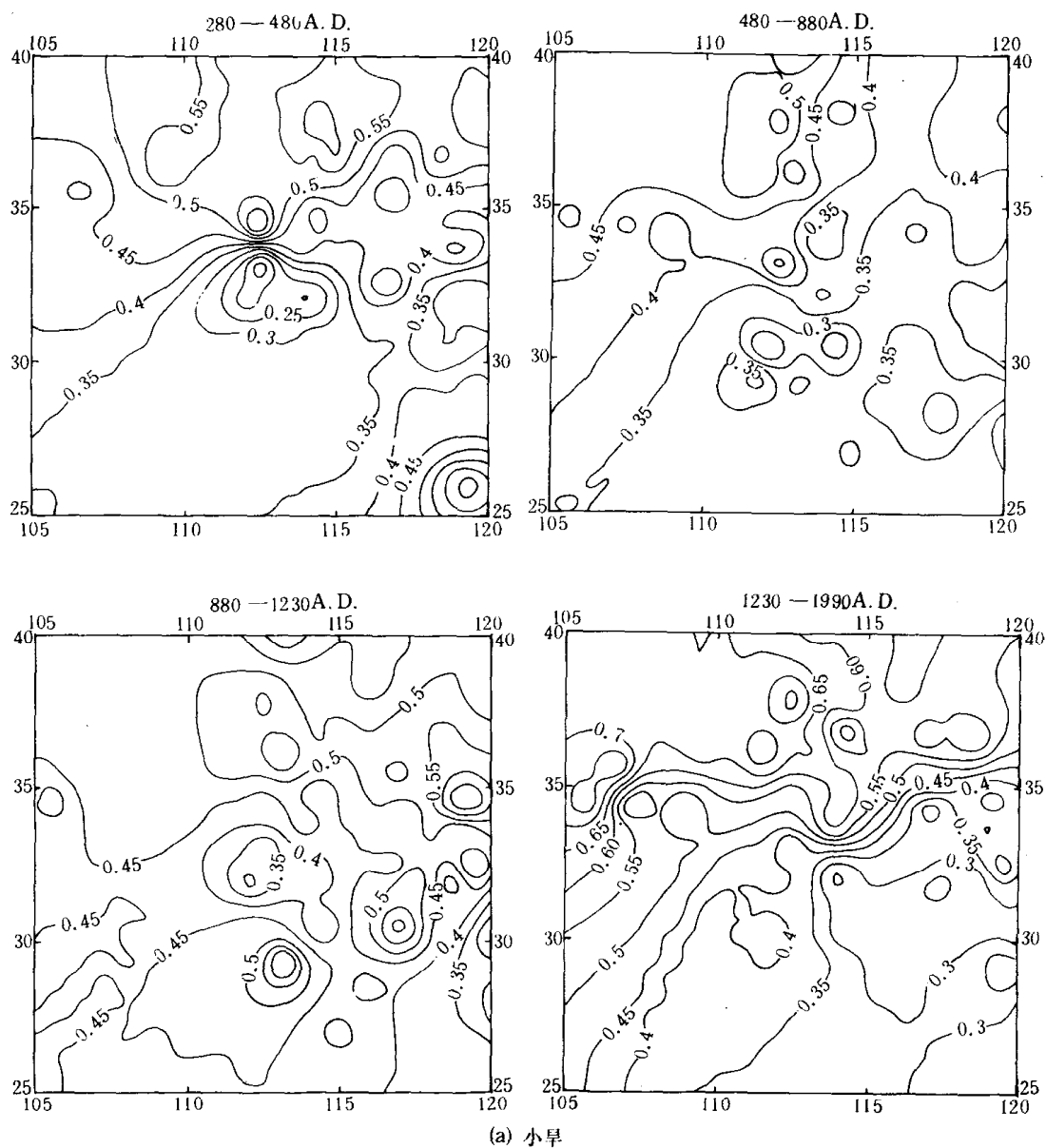


图 5(a) 280—1990 A.D. 的气候情景(小旱分布)

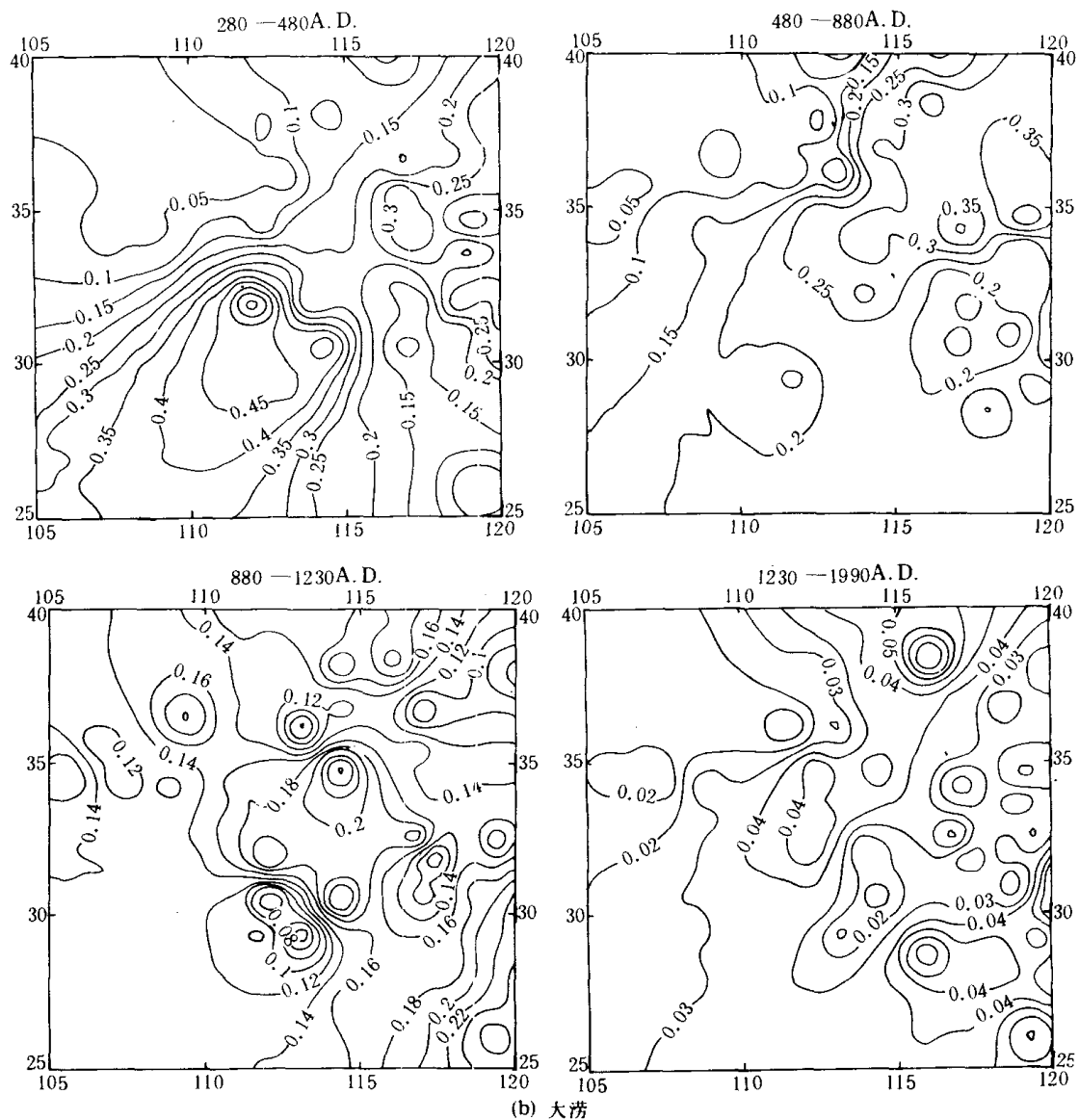


图 5(b) 280—1990 A.D. 的气候情景(大涝分布)

4 结 论

- (1) 中国近 2000 年来, 以 280 A.D., 1230 A.D. 左右的气候突变为界可划分为 3 个阶段. 其中 280—1230 A.D. 间气候发生有多次转折, 880—1230 A.D. 间气候波动性强烈.
- (2) 发生于 1230—1260 A.D. 的气候突变是中国近 2000 年来的最大气候转折. 此前阶段温暖偏湿, 此后阶段寒冷偏干. 但是中国变干的主要阶段在 280—490 A.D. 之间.
- (3) 现代季风结构与影响特征, 是 880 A.D. 开始演变, 1230 A.D. 后最后形成的.

参 考 文 献

- [1] 竺可桢, 中国科学, 1973, (2): 168—189.
- [2] 郑景云、张丕远、周玉孚, 地理研究, 1993, 12(3): 1—9.
- [3] 满志敏, 中国气候变化(张丕远主编), 山东科技出版社, 济南, 1994, 184—188.
- [4] Ye, D.-Z., *Bull. CNC-IGBP*, 1992, 2(1): 6—23.
- [5] 王 铮、周清波、刘啸雷等, 中国气候变化(张丕远主编), 山东科技出版社, 济南, 1994, 307—312.
- [6] 陈希儒, 数理统计与管理, 1991, 10(4): 55—58.
- [7] Wang, Z., Zhang, P. Y. *et al.*, *Bull. CNC-IGBP*, 1994(印刷中).
- [8] 孔昭宸、杜乃秋、山发寿等, 海洋地质与第四纪地质, 1990, 10(3): 79—90.
- [9] 满志敏, 中国气候与海面变化研究的进展(一)(施雅风等主编), 海洋出版社, 北京, 1990, 20—21.
- [10] 赫维人、陈永森等, 云南农业地理(云南农业地理编写组编), 云南人民出版社, 昆明, 1979.
- [11] 满志敏、张修桂, 中国气候与海面变化研究进展(一)(施雅风等主编), 海洋出版社, 北京, 1990, 17—19.
- [12] 张履鹏, 农史研究, 第二辑, 农业出版社, 北京, 1982, 28—34.
- [13] Bryson, R. A., *Envir. Conserv.*, 1975, 7: 163.
- [14] Chylek, R., Johnson, B., Wu, H., *Geoph. Res. Lett.*, 1992, 19(19): 1950—1953.
- [15] 鹿化煜, 青年地理学家(理工), 1991, 4(2): 101—105.
- [16] 高尚玉、陈渭南等, 中国科学, B 辑, 1993, 23(2): 202—208.