

中国近五千年来气候变迁的初步研究

竺可桢

(中国科学院)

摘 要

历史时期的世界气候是有变迁的。非常丰富的中国历史文献为研究我国古代气候创造了极为有利的条件。作者根据历史和考古发掘材料,证明我国在近五千年中,最初二千年,即从仰韶文化时代到河南安阳殷墟时代,年平均温度比现在高 2℃ 左右。在这以后,年平均温度有 2—3℃ 的摆动,寒冷时期出现在公元前一千年(殷末周初)、公元四百年(六朝)、公元一千二百年(南宋)和公元一千七百年(明末清初)时代。汉唐两代则是比较温暖的时期。这种气候变迁是全世界性的。气候变冷时先从太平洋西岸开始,由日本、中国东部逐渐向西移到西欧。温度回升时则自西向东行。充分认识历史上气候的变迁情况并掌握其规律,“古为今用”,对气候的长期预报是有所补益的。

前 言

中国古代哲学家和文学家如沈括(公元1030—1094年)、刘献廷(公元1648—1695年)对于中国历史时期的气候无常,早有怀疑。但他们拿不出很多实质性事实以资佐证,所以后人未曾多加注意。直到现世纪二十年代,“五四”运动、即反帝反封建运动之后,中国开始产生了一种新的革命精神:一部分先进分子引入马克思列宁主义,建立中国共产党,领导中国人民进行新的革命斗争;在这种新形势下,近代科学也受到推动和扩展,例如应用科学方法进行考古发掘,并根据发掘材料对古代历史、地理、气象等进行研究。殷墟甲骨文首先引起一些学者的注意。有人据此推断在三千年前,黄河流域同今日长江流域一样温暖潮湿^[1]。但在国民党反动统治下,成绩毕竟是有限的;或因材料不足而作了错误的判断。例如,近三千年来,中国气候经历了许多变动,但它同人类历史社会的变化相比毕竟缓慢得多,有人不了解这一点,仅仅根据零星片断的材料而夸大气候变化的幅度和重要性^[2],这是不对的。当时作者也曾根据雨量的变化去研究中国的气候变化,由于雨量的变化往往受地域的影响,因此很难得出正确的结果^[3]。

只是在中国共产党领导下,1949年中华人民共和国成立后,建立了许多工厂、人民公社和研究机关,为科学研究创造了广阔的境界。更重要的是,我们有马列主义、毛泽东思想的理论指导,解除了对西方资产阶级科学家权威思想的束缚,我国科学事业得到蓬勃的发展。

本文 1972 年 8 月 12 日收到。

毛主席教导我们：“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。停止的论点，悲观的论点，无所作为和骄傲自满的论点，都是错误的。其所以是错误，因为这些论点，不符合大约一百万年以来人类社会发展的历史事实，也不符合迄今为止我们所知道的自然界（例如天体史，地球史，生物史，其他各种自然科学史所反映的自然界）的历史事实。”二十世纪初期，奥地利的 J. Hann 教授以为在人类历史时期，世界气候并无变动。这种唯心主义的论断已被我国历史记录所否定，从下面的论述就可以知道。

在世界上，古气候学这门学科好象到了二十世纪六十年代才引起地球物理学家的注意。在六十年代，曾举行过三次古气候学的世界会议。在这几次会议上提出的文章，多半是关于地质时代的气候，只有少数讨论到历史时代的气候。无疑，这是由于在西方和东方国家中，在历史时期缺乏天文学、气象学和地球物理学现象的可靠记载。在这方面，只有我国的材料最丰富。在我国的许多古文献中有着台风、洪水、旱灾、冰冻等一系列自然灾害的记载，以及太阳黑子、极光和彗星等不平常的现象的记录。1955年，《天文学报》发表了“古新星新表”一文，文中包括十八世纪以前的 90 个新星。这篇文章出版以后，极为世界上的天文学家所重视^[4]。1956 年，中国科学院出版两卷《中国地震资料年表》，包括公元前十二世纪到 1955 年之间的一千一百八十次大地震。这一工作除了为我国的社会主义建设提供不可缺少的参考资料以外，中外地震学家都非常欢迎这两卷书^[5]。

在中国的历史文件中，有丰富的过去的气象学和物候学的记载。除历代官方史书记载外，很多地区的地理志（方志），以及个人日记和旅行报告都有记载，可惜都非常分散。本篇论文，只能就手边的材料进行初步的分析，希望能够把近五千年来气候变化的主要趋势写出一个简单扼要的轮廓。

根据手边材料的性质，近五千年的时间可分为四个时期：即一、考古时期，大约公元前 3000 至 1100 年，当时没有文字记载（刻在甲骨上的例外）；二、物候时期，公元前 1100 年到公元 1400 年，当时有对于物候的文字记载，但无详细的区域报告；三、方志时期，从公元 1400 年到 1900 年，在我国大半地区有当地写的而时加修改的方志；四、仪器观测时期。我国自 1900 年以来开始有仪器观测气象记载，但局限于东部沿海区域。气候因素的变迁极为复杂，必须选定一个因素作为指标。如雨量为气候的重要因素，但不适合于做度量气候变迁的指标。原因是在东亚季风区域内，雨量的变动常趋极端，非旱即涝；再则邻近两地雨量可以大不相同。相反地，温度的变迁微小，虽摄氏一度之差，亦可精密量出，在冬春季节即能影响农作物的生长。而且冬季温度因受北面西伯利亚高压的控制，使我国东部沿海地区温度升降比较统一，所以本文以冬季温度的升降作为我国气候变动的唯一指标。

一、考古时期（约公元前 3000—1100 年）

解放后二十多年来，我国考古学家在我国的不同地区进行了广泛的发掘。西安附近的半坡村是一个最熟知的遗址。根据 1963 年出版的报告，在 1954 年秋到 1957 年夏之间，中国科学院考古研究所在这个遗址上，进行了五个季节的发掘，大约发掘了 10,000 平方米的面积，发现了 40 多个房屋遗址，200 多个贮藏窖，250 个左右的墓葬，近 10,000 件的各种人工制造物^[6]。根据研究，农业在半坡的人民生活中显然起着主要作用。种植的作物中有小米，可能有些蔬菜；

虽然也养猪狗,但打猎捕鱼仍然是重要的,由动物骨骼遗迹表明,在猎获的野兽中有麋(又名河麋, *Hydropotes inermis*)和竹鼠(*Rhizomys sinensis*)……。书中认为,这个遗址是属于仰韶文化(用 C¹⁴ 同位素测定为 5600—6080 年前);并假定说,因为水麋和竹鼠是亚热带动物,而现在西安地区已经不存在这类动物,推断当时的气候必然比现在温暖潮湿(见文献[6] 261—264 页)。

在河南省黄河以北的安阳,另有一个熟知的古代遗址——殷墟。它是殷代(约公元前 1400—1100 年)故都。那里有丰富的亚化石动物。杨钟健和德日进(P. Teilhard de Chardin)曾加以研究,其结果发表于前北京地质调查所报告之中^[7]。这里除了如同半坡遗址发现多量的水麋和竹鼠外,还有獾(*Tapirus indicus Cuvier*)、水牛和野猪。这就使德日进虽然对于历史时代气候变化问题自称为保守的作者,也承认有些微小的气候变化了。因为许多动物现在只见于热带和亚热带(见文献[7] 56 页)。

然而对于气候变化更直接的证据是来自殷代具有很多求雨刻文的甲骨文上。在二十多年前胡厚宣曾研究过这些甲骨文,发现了下列事实:在殷代时期,中国人虽然使用阴历,但已知道加上一个闰月(称为第十三个月)来保持正确的季节;因而一年的第一个月是现在的阳历的一月或二月的上半月。在殷墟发现十万多件甲骨,其中有数千件是与求雨或求雪有关的。在能确定日期的甲骨中,有 137 件是求雨雪的,有 14 件是记载降雨的。这些记载分散于全年,但最频繁的是在一年的非常需要雨雪的前五个月。在这段时间内降雪很少见(见文献[1] 35 页)。当时安阳人种稻,在第二个月或第三个月,即阳历三月份开始下种;比现在安阳下种要到四月中,大约早一个月。论文又指出,在武丁时代(公元前 1324?—1365 年?)的一个甲骨上的刻文说,打猎时获得一象。表明在殷墟发现的亚化石象必定是土产的,不是象德日进所主张的,认为都是从南方引进来的。河南省原来称为豫州,“豫”字就是一个人牵了大象的标志,这是有其含义的(见文献[1] 47—48 页)。

一个地方的气候变化,一定要影响植物种类和动物种类,只是植物结构比较脆弱,所以较难保存;但另一方面,植物不象动物能移动,因而作气候变化的标志或比动物化石更为有效。对于半坡地层进行过孢子花粉分析,因花粉和孢子并不很多,故对于当时的温冷情况,不能有正面的结果,只能推断当时同现在无大区别,气候是半干燥的(见文献[6] 270—272 页)。1930—1931 年,在山东历城县两城镇(北纬 35°25′、东经 119°25′)发掘龙山文化遗址。在一个灰坑中找到一块炭化的竹节,有些陶器器形的外表也似竹节¹⁾。这说明在新石器时代晚期,竹类的分布在黄河流域是直到东部沿海地区的。

从上述事实,我们可以假设,自五千年前的仰韶文化以来,竹类分布的北限大约向南后退纬度从 1—3°。如果检查黄河下游和长江下游各地的月平均温度及年平均温度,可以看出正月的平均温度减低 3—5℃,年平均温度大约减低 2℃。某些历史学家认为,黄河流域当时近于热带气候,虽未免言之过甚,但在安阳这样的地方,正月平均温度减低 3—5℃,一定使冬季的冰雪总量有很大的不同,并使人们很容易觉察。那些相信冰川时期之后气候不变的人是违反辩证法原则的;实际上,历史时期的气候变化同地质时期的气候变化是一样的,只是幅度较小而已。现代的温度和最近的冰川时期,即大约一、二万年以前时代相比,年平均温度要温暖到摄氏七、八度之多,而历史时期年平均温度的变化至多也不过二、三度而已。气候过去在变,现在也在变,将来也要变。近五千年期间,可以说仰韶和殷墟时代是中国的温和气候时代,当

1) 龙山灰坑中发现一块炭化竹节,系根据当时参加遗址发掘的尹达同志的转达。龙山文化出土的一部分陶器器形似竹节,系夏鼐同志面告。

时西安和安阳地区有十分丰富的亚热带植物种类和动物种类。 不过气候变化的详细情形，尚待更多的发现来证实。

二、物候时期(公元前 1100 年—公元 1400 年)

没有观测仪器以前,人们要知道一年中寒来暑往,就用人目来看降霜下雪,河开河冻,树木抽芽发叶、开花结果,候鸟春来秋往,等等,这就叫物候。 我国劳动人民,因为农业上的需要,早在周初,即公元前十一世纪时便开创了这种观测。 如《夏小正》、《礼记·月令》均载有从前物候观察的结果。 积三千年来的经验,材料极为丰富,为世界任何国家所不能企及。

随着周朝建立(公元前 1066—249 年),国都设在西安附近的镐京,就来到物候时期。 当时官方文件先铭于青铜,后写于竹简。 中国的许多方块字,用会意象形来表示,在那时已形成。 由这些形成的字,可以想象到当时竹类在人民日常生活中曾起了如何的显著作用。 方块字中如衣服、帽子、器皿、书籍、家俱、运动资料、建筑部分以及乐器等名称,都以“竹”为头,表示这些东西最初都是用竹子做成的。 因此,我们可以假设在周朝初期气候温暖可使竹类在黄河流域广泛生长,而现在不行了。

气候温和由中国最早的物候观测也可以证实。 新石器时期以来,当时住居在黄河流域的各民族都从事农业和畜牧业。 对于他们,季节的运行是头等重要的事。 当时的劳动人民已经认识到一年的两个“分”点(春分和秋分)和两个“至”点(夏至和冬至),但不知道一个太阳年的年里确有多少天。 所以,急欲求得办法,能把春分固定下来,作为农业操作的开始日期。 商周人民观察春初薄暮出现的二十八宿中的心宿二、即红色的大火星来固定春分¹⁾。 别的小国也有用别的办法来定春分的。 如在山东省近海地方的郯国人民,每年观测家燕(*Hirundo rustica gutturalis*)的最初来到以测定春分的到来。 《左传》提到郯国国君到鲁国时对鲁昭公说,他的祖先少皞在夏、殷时代,以鸟类的名称给官员定名,称玄鸟为“分”点之主,以示尊重家燕²⁾。 这种说法表明,在三、四千年前、家燕正规地在春分时节来到郯国,郯国以此作为农业开始的先兆。 我们现在有物候观察网,除作其他观察外,也注意家燕的来去。 根据近年来的物候观测,家燕近春分时节正到上海,十天至十二天之后到山东省泰安等地。 郯居于上海与泰安之间。 据 E. S. Wilkinson 在他的《上海鸟类》一书中写道:“家燕在 3 月 22 日来到长江下游、上海一带,每

表 1 郯城、上海平均温度比较表(℃)

地 点	纬度(北)	经度(东)	海拔(米)	正 月	二 月	三 月	年平均
郯 城	34°38′	118°26′	20.0	−1.4°	1.0°	6.6°	14.1°
上 海	31°32′	121°26′	7.0	3.2°	4.2°	8.1°	15.6°
差 数	3° 6′			4.6°	3.2°	1.5°	1.5°

1) 《左传》襄公九年“晋侯问于士弱曰,吾闻之宋灾,于是乎知有天道,何故? 对曰,古之火正,或食于心,或食于昧,以出内火,是故昧为鹑火,心为大火。陶唐氏之火正阍伯,居商丘,祀大火,而火纪时焉。相土因之,故商主大火。”见《春秋左传正义》。

2) 《左传》昭公十七年“秋,郯子来朝,公与之宴。昭子问焉,曰少皞氏鸟名官,何故也? 郯子曰,吾祖也。……我高祖少皞,摯之立也,凤鸟适至,故纪于鸟,为鸟师而鸟名。凤鸟氏历正也,玄鸟氏司分者也,伯赵氏司至者也。” 见《春秋左传正义》。

年如此。”^[6]显然三、四千年前家燕于春分已到郟国,而现在春分那天家燕还只能到上海了。把这两个地点的同一时期(1932—1937年)温度比较一下(见表1)看一看它们有多少差别,那是有意义的。

表1列出的结果,正好同上面考古时期用竹子分布区域变化的方法所得的结果是一致的。周朝的气候,虽然最初温暖,但不久就恶化了。《竹书纪年》上记载周孝王时,长江一个大支流汉水,有两次结冰,发生于公元前903和897年。《纪年》又提到结冰之后,紧接着就是大旱。这就表示公元前第十世纪时期的寒冷。《诗经》也可证实这点。相传《诗经·豳风》是周初成王时代(公元前1063—1027年)的作品,可能在成王后不久写成。豳(郟)的地点据说是一个离西安不远,海拔500米高的地区。当时一年中的重要物候事件,我们可以从《豳风》中的下列诗句中看出来:

八月剥枣,	十月获稻,
为此春酒,	以介眉寿。
二之曰凿冰冲冲,	三之曰纳于陵阴,
四之曰其蚤,	献羔祭韭,
九月肃霜。	

接着又说:

这些诗句,可以作为周朝早期,即公元前十世纪和十一世纪时代郟地的物候日历。如果我们把《豳风》里的物候和《诗经》其他国风的物候如《召南》或《卫风》里的物候比较一下,就会觉得郟地的严寒。《国风·召南》诗云,“摽有梅,顷筐塈之。”《卫风》诗云,“瞻彼淇奥,绿竹猗猗。”梅和竹均是亚热带植物,足证当时气候之和暖,与《豳风》物候大不相同。这个冷暖差别一部分是由于郟地海拔高的缘故,另一方面是由于周初时期,如《竹书纪年》所记载过有一个时期的寒冷,而《豳风》所记正值这寒冷时期的物候。在此连带说一下,周初的阴历是以现今阳历的十二月为岁首的,所以《豳风》的八月等于阳历九月,其余类推¹⁾。

周朝早期的寒冷情况没有延长多久,大约只一、二个世纪,到了春秋时期(公元前770—481年)又和暖了。《左传》往往提到,山东鲁国过冬,冰房得不到冰;在公元前698、590和545年时尤其如此²⁾。此外,象竹子、梅树这样的亚热带植物,在《左传》和《诗经》中,常常提到。

宋朝(公元960—1279年)以来,梅树为全国人民所珍视,称梅为花中之魁,中国诗人普遍吟咏。事实上,唐朝以后,华北地区梅就看不见。可是,在周朝中期,黄河流域下游是无处不有的,单在《诗经》中就有五次提过梅。在《秦风》中有“终南何有?有条有梅”的诗句。终南山位于西安之南,现在无论野生的或栽培的,都无梅树³⁾。下文要指出,宋代以来,华北梅树就不存在了。在商周时期,梅树果实“梅子”是日用必需品,象盐一样重要,用它来调和饮食,使之适口(因当时不知有醋)。《书经·说命篇下》说:“若作酒醴,尔惟麴蘖;若作和羹,尔唯盐梅。”这说明商周时期梅树不但普遍存在,而且大量应用于日常生活中。

到战国时代(公元前480—222年)温暖气候依然继续。从《诗经》中所提粮食作物的情况,

1) 有人以为周正建子应与今日阳历相差两个月。但“周建子”不过是传统的说法。据《豳风》“七月流火”,大火星的位置加以岁差计算,和春秋时日蚀的推算,可以决定周初到春秋初期的历是建丑,而不是建子。参看宋王应麟《困学纪闻》下册,533—534页,世界书局,1937年。

2) 见《左传》鲁桓公十四年,鲁成公元年,鲁襄公廿八年均载“冬无冰”。

3) 根据陕西武功西北农学院辛树帜等同志的调查。关于本文中西安武功一带物候材料,全系西北农学院同志所供给,特此致谢。

可以断定西周至春秋时代,黄河流域人民种黍和稷,作为主要食物之用^[9]。但在战国时代,他们代之以小米和豆类为生。孟子(约公元前 372—289 年)提到只北方部族种黍,这种变化大约主要由于农业生产资料改进之故,例如铁农具的发明与使用。孟子又说,当时齐鲁地区农业种植可以一年两熟¹⁾。比孟子稍后的荀子(约公元前 313—238 年)证实此事。荀子说,在他那时候,好的栽培家,一年可生产两季作物²⁾。荀子生于现在河北省的南部,但大半时间在山东省工作,山东之南江苏之北。近年来直到解放,在淮河北部习惯于两年轮种三季作物,季节太短,不能一年种两季³⁾。二十四节气是战国时代所观测到的黄河流域的气候而定下的⁴⁾。那时把霜降定在阳历十月廿四日。现在开封、洛阳(周都)秋天初霜在十一月三日到五天左右⁵⁾。雨水节,战国时定在二月廿一。现在开封和洛阳一带终霜期在三月廿二日左右⁶⁾。这样看来,现在生长季节要比战国时代长三、四十天。这一切表明,在战国时期,气候比现在温暖得多。

到了秦朝和前汉(公元前 221—公元 23 年)气候继续温和。相传秦吕不韦所编的《吕氏春秋》书中的《任地篇》里有不少物候资料。清初(公元 1660 年)张标所著《农丹》书中曾说道《吕氏春秋》云:“冬至后五旬七日菖始生。菖者,百草之先者也。于是始耕。今北方地寒,有冬至后六七旬而苍蒲未发者矣”^[10],照张标的说法,秦时春初物候要比清初早三个星期。

汉武帝刘彻时(公元前 140—87 年),司马迁作《史记》,其中《货殖传》描写了当时经济作物的地理分布:“蜀汉江陵千树橘;……陈夏千亩漆;齐鲁千亩桑麻;渭川千亩竹。”按橘、漆、竹皆为亚热带植物,当时繁殖的地方如橘之在江陵,桑之在齐鲁,竹之在渭川,漆之在陈夏,均已在这类植物现时分布限度的北界或超出北界。一阅今日我国植物分布图^[11],便可知司马迁时亚热植物的北界比现时推向北方。公元前 110 年,黄河在瓠子决口,为了封堵口子,斩伐了河南淇园的竹子编成为容器以盛石子,来堵塞黄河的决口⁷⁾。可见那时河南淇园这一带竹子是很繁茂的。

到东汉时代即公元之初,我国天气有趋于寒冷的趋势,有几次冬天严寒,晚春国都洛阳还降霜降雪,冻死不少穷苦人民。但东汉冷期时间不长。当时的天文学家、文学家张衡(公元 78—139 年)曾著《南都赋》,赋中有“穰橙邓橘”之句,表明河南省南部橘和柑尚十分普遍。直到三国时代曹操(公元 155—220 年)在铜雀台种橘,只开花而不结果⁸⁾,气候已比前述汉武帝时代寒冷。曹操儿子曹丕,在公元 225 年到淮河广陵(今之淮阴)视察十多万士兵演习,由于严寒,淮河忽然冻结,演习不得不停止⁹⁾。这是我们所知道的第一次有记载的淮河结冰,那时气候已比现在寒冷了。这种寒冷气候继续下来,直到第三世纪后半叶,特别是公元 280—289 年的十年

1) 《孟子·告子上》:“今夫粳麦……至于日至之时皆熟矣。虽有不同,则地有肥磽,雨露之养,人事之不齐也。”并参阅潘鸿声、杨超伯:《战国时代的六国农业生产》,《农史研究集刊》第二册,59 页,科学出版社,1960 年。
2) 《荀子·富国篇》:“今是土之生五谷也,人善治之,则亩数盆,一岁而再获之。”见王先谦《荀子集解》,商务印书馆,1936 年。
3) 根据江苏省 1964 年气象资料。
4) 根据清刘献廷《广阳杂记》卷三。
5) 根据地理研究所 1962 年资料。
6) 根据中央气象科学研究所 1955 年资料。按战国时代原来所定二十四节气,雨水在惊蛰之后,到前汉才把雨水移到惊蛰之前。但无论如何,目前终雪总在战国时代雨水节之后。汉改雨水惊蛰先后见宋王应麟《困学纪闻》284 页。
7) 《史记·河渠书》。
8) 唐李德裕(公元 787—849 年):《瑞桔赋·序》:“昔汉武帝致石榴于异国,灵根遐布,……魏武植朱于铜雀,华实莫就”云云。见《李文饶文集》卷二十。
9) 《三国志·魏书·文帝纪》:黄初六年(公元 225 年)“冬十月,行幸广陵故城,临江观兵,戎卒十余万,旌旗数百里。是岁大寒,水道冰,舟不得入江,乃引还。”

间达到顶点,当时每年阴历四月(等于阳历五月份)降霜¹⁾。徐中舒曾经指出汉晋气候不同²⁾,那时年平均温度大约比现在低 1—2℃。

南北朝(公元 420—589 年)期间,中国分为南北,以秦岭和淮河为界。因南北战争和北部各族之间的战争不断发生,历史记载比较贫乏。南朝在南京覆舟山建立冰房是一个有气候意义的有趣之事。冰房是周代以来各王朝备有的建筑,用以保存食物新鲜使其不致腐烂之用的。南朝以前,国都位于华北黄河流域,冬季建立冰房以储冰是不成问题的,但南朝都城在建业(今南京),要把南京覆舟山的冰房每年装起冰来,情形就不同了。问题是冰从何处来?当时黄淮以北是敌人地区,不可能供给冰块;人工造冰的方法,当时还不可能;如果南京冬季温度象今天一样,南京附近的河湖结冰时间就不会长,冰块不够厚,不能储藏。在 1906—1961 年期间,南京正月份平均温度为 +2.3℃,只有 1930, 1933 和 1955 年三年降低到 0℃ 以下。因此,如果南朝时代南京的覆舟山冰房是一个现实,那末南京在那时的冬天要比现在大约冷 2℃,年平均温度比现在低 1℃。

大约在公元 533—544 年,北朝的贾思勰写了一本第六世纪时代的农业百科全书《齐民要术》,很注意当时他那地区的物候性质。他说:“凡谷:成熟有早晚,苗秆有高下,收实有多少,……,顺天时,量地利,则用力少而成功多。任情返道,劳而无获。”³⁾这本书代表了六朝以前中国农业最全面的知识。近来的中国农业家和日本学者都很重视这本书。贾思勰生于山东,他的书是记载华北——黄河以北的农业实践。根据这本书,阴历三月(阳历四月中旬)杏花盛开;阴历四月初旬(约阳历五月初旬)枣树开始生叶,桑花凋谢。如果我们把这种物候记载同黄河流域近来的观察作一比较,就可认清第六世纪的杏花盛开和枣树出叶迟了四周至两周,与现今北京的物候大致相似。关于石榴树的栽培,这本书说:“十月中以蒲蓐裹而缠之,不裹则冻死也。二月初乃解放。”⁴⁾现在在河南或山东,石榴树可在室外生长,冬天无需盖埋,这就表明六世纪上半叶河南、山东一带的气候比现在冷。

第六世纪末至第十世纪初,是隋唐(公元 589—907 年)统一时代。中国气候在第七世纪的中期变得和暖,公元 650、669 和 678 年的冬季,国都长安无雪无冰。第八世纪初期,梅树生长于皇宫。唐玄宗李隆基时(公元 712—756 年),妃子江采苹因其所居种满梅花,所以称为梅妃⁵⁾。第九世纪初期,西安南郊的曲江池还种有梅花。诗人元稹(公元 779—831 年)《和乐天秋题曲江》诗,就谈到曲江的梅⁶⁾。与此同时,柑桔也种植于长安。唐大诗人杜甫(公元 712—770 年)《病桔》诗,提到李隆基种桔于蓬莱殿⁷⁾。殷成式(?—公元 863 年)《酉阳杂俎》(卷十八)说,天宝十年(公元 751 年)秋,宫内有几株柑树结实一百五十颗,味与江南蜀道进贡柑桔一样。宋乐史《杨太真外传》说的更具体。他说,开元末年江陵进柑桔,李隆基种于蓬莱宫。天宝十年九月结实,宣赐宰臣一百五十多颗⁸⁾。武宗李漼在位时(公元 841—847 年),宫中还种植柑桔,有一

1) 《晋书·五行志》下,并参看《古今图书集成·历象汇编·庶征典》卷一〇三——一〇六。
2) 徐中舒说:“《上林赋》以‘卢桔夏熟,黄柑橙橘’并称,橙橘均桔属,盖皆其地所产,此与《史记·货殖传》所称‘渭川千亩竹’,皆西汉时关中气候和暖雨量丰沛之故。”见《四川古代之文化》,《史学季刊》一期,1940 年。
3) 《齐民要术·种谷》,6 页,参见《齐民要术今释》,第一分册,30 页,科学出版社,1958。
4) 《齐民要术·种安石榴》,57 页,参见《齐民要术今释》,第二分册,270 页,科学出版社,1958。
5) 唐曹鄴:《梅妃传》,见《说郛》卷三十八。
6) 《元微之长庆集》卷六《和乐天秋题曲江》诗云:“十载定交契,七年镇相随。长安最多处,正是曲江池。梅杏春尚小,菱荷秋亦衰……。”并见《全唐诗》卷四〇一。
7) 见清仇士璉《杜少陵集评注》卷十。
8) 宋乐史:《杨太真外传》,见《说郛》卷三十八。

次桔树结果,武宗叫太监赏赐大臣每人三个桔子¹⁾。可见从八世纪初到九世纪中期,长安可种柑桔并能结果实。应该注意到,柑桔只能抵抗 -8°C 的最低温度^[12],梅树只能抵抗 -14°C 的最低温度。在 1931—1950 年期间,西安的年绝对最低温度每年降到 -8°C 以下,二十年之中有三年(1936、1947 和 1948 年)降到 -14°C 以下。梅树在西安生长不好,就是这个原因,用不着说橘和柑了。

唐朝时代,生长季节也似乎比现在长。大约在公元 862 年,樊绰写的《蛮书》中说:曲靖以南(北纬 $24^{\circ}45'$; 东经 $103^{\circ}50'$),滇池以西,人民一年收获两季作物,九月收稻,四月收小麦或大麦^[13]。现在曲靖一带的农民很难照样耕种,因为他们发现生长季节太短,不得不种豌豆和胡豆来代替小麦和大麦²⁾。

唐灭亡后,中国进入五代十国时代(公元 907—960 年)。在此动乱时代没有什么物候材料可以做为依据。直到宋朝(公元 960—1279 年)才统一起来,国都建于河南省开封。宋初诗人林逋(公元 967—1028 年)隐居杭州以咏梅诗而得名。梅花因其一年中开花最早,被推为花中之魁首,但在十一世纪初期,华北已不知有梅树,其情况与现代相似。梅树只能在西安和洛阳皇家花园中及富家的私人培养园中生存。著名诗人苏轼(公元 1037—1101 年)在他的诗中,哀叹梅在关中消失。苏轼咏杏花诗有“关中幸无梅,赖汝充鼎和”³⁾之句。同时代的王安石(公元 1021—1086 年)嘲笑北方人常误认梅为杏,他的咏红梅诗有“北人初不识,浑作杏花看”⁴⁾之句。从这种物候常识,就可见唐宋两朝温寒的不同。

十二世纪初期,中国气候加剧转寒,这时,金人由东北侵入华北代替了辽人,占据淮河和秦岭以北地方,以现在的北京为国都。宋朝(南宋)国都迁杭州。公元 1111 年第一次记载江苏、浙江之间拥有 2250 平方公里面积的太湖,不但全部结冰,且冰的坚实足可通车⁵⁾。寒冷的天气把太湖洞庭山出了名的柑橘全部冻死。在国都杭州降雪不仅比平常频繁,而且延到暮春。根据南宋时代的历史记载,从公元 1131 年到 1260 年,杭州春节降雪,每十年降雪平均最迟日期是四月九日,比十二世纪以前十年最晚春雪的日子差不多推迟一个月^[14]。公元 1153—1155 年,金朝派遣使臣到杭州时,靠近苏州的运河,冬天常常结冰,船夫不得不经常备铁锤破冰开路⁶⁾。公元 1170 年南宋诗人范成大被派遣到金朝,他在阴历九月九日即重阳节(阳历 10 月 20 日)到北京,当时西山遍地皆雪,他赋诗纪念⁷⁾。苏州附近的南运河冬天结冰,和北京附近的西山阳历十月遍地皆雪,这种情况现在极为罕见,但在十二世纪时,似为寻常之事。

第十二世纪时,寒冷气候也流行于华南和中国西南部。荔枝是广东、广西、福建南部和四川南部等地广泛栽培的果树,具有很大经济意义的典型热带果实之一^[15]。荔枝来源于热带,比橘柑更易为寒冷气候所冻死,它只能抵抗 -4°C 左右的最低温度^[16]。1955 年正月上旬华东沿海发生一次剧烈寒潮,使浙江柑橘和福建荔枝遭受到很大灾害。根据李来荣写的《关于荔枝龙眼的研究》一书,福州(北纬 $26^{\circ}42'$ 东经 $119^{\circ}20'$)是中国东海岸生长荔枝的北限。那里的人民

1) 唐李德裕:《瑞桔赋·序》,见《李文饶文集》卷二十。
2) 根据云南省气象局 1966 年资料。
3) 《苏东坡集》第四册 86 页《杏》,商务印书馆国书基本丛书本。
4) 《王荆文公诗》卷四十《红梅》。并参阅宋李壁《王荆文公诗笺注》,中华书局,1958 年。
5) 元陆友仁:《砚北杂志》卷上,见《宝颜堂秘笈》普集第八。
6) 金蔡珪《撞冰行》:“船头傅铁横长锥,十五五张黄旗。百夫袖手略无用,舟过理棹徐徐归。吴侬笑向吾曹说:‘昔岁江行苦风雪,杨槌启路夜掩冰,手皮半逐冰皮裂。’今年穷腊波溶溶,安流东下闲篙工。江东贾客借余润,贞元使者如春风。”见金元好问编《中州集》卷一,中华书局,1962 年。
7) 《范石湖集》卷十二《燕宾馆》诗自注:“至是适以重阳,……西望诸山皆缟,云初六日大雪。”

至少从唐朝以来就大规模地种植荔枝。一千多年以来,那里的荔枝曾遭到两次全部死亡:一次在公元 1110 年,另一次在公元 1178 年,均在十二世纪^[17]。

唐朝诗人张籍(公元 765—约 830 年)《成都曲》一诗,诗云:“锦江近西烟水绿,新雨山头荔枝熟”¹⁾,说明当时成都有荔枝。宋苏轼时候,荔枝只能生于其家乡眉山(成都以南 60 公里)和更南 60 公里的乐山,在其诗中及其弟苏辙的诗中,有所说明。南宋时代,陆游(公元 1125—1210 年)和范成大(公元 1126—1193 年)均在四川居住一些时间,对于荔枝的分布极为注意。从陆游的诗中和范成大所著《吴船录》书中所言²⁾,第十二世纪,四川眉山已不生荔枝。作为经济作物,只乐山尚有大木轮围的老树。荔枝到四川南部沿长江一带如宜宾、泸州才大量种植。现在眉山还能生长荔枝,然非作为经济作物。苏东坡公园里有一株荔枝树,据说约一百年了。现在眉山市场上的荔枝果,是来自眉山之南的乐山以及更为东南方的泸州。由此证明,今天的气候条件更象北宋时代,而比南宋时代温暖。从杭州春节最后降雪的日期来判断,杭州在南宋时候(十二世纪),四月份的平均温度比现在要冷 1—2℃。

日本虽与我国隔有辽阔达四百公里的日本海,但日本所记的物候仍能与我国物候相对比。日本保存有很可宝贵的物候观察记录。第九世纪以后,日本的皇帝和封建主,历年在西京花园设宴庆祝日本的樱花盛开,庆祝日期均有记载,直到十九世纪为止。这些记载可与现在的物候记载相比较(表 2,抄自文献[18])。

表 2 日本樱树开花日期的%的频数与平均日期

日 期 世 纪	三月卅一日 以 前	四 月 1—10	四 月 11—20	四 月 21—30	五月一日 以 后	观察次数	平均日期
第 九	—	43%	57%	—	—	7	4 月 11 日
第 十	7%	36	50	7%	—	14	4 月 12 日
第 十 一	—	20	40	40	—	5	4 月 18 日
第 十 二	—	25	25	25	25%	4	4 月 24—25 日
第 十 三	13	13	33	38	—	8	4 月 15 日
第 十 四	—	8	53	25	8	12	4 月 18 日
第 十 五	—	43	37	17	3	30	4 月 13 日
第 十 六	—	3	77	13	6	31	4 月 18 日
第 十 七	10	20	70	—	—	10	4 月 12 日
第 十 八						0	—
第 十 九		20	80	—	—	5	4 月 12 日
第 二 十 一 开 始 开 花	8	61	31			36	4 月 7 日
第 二 十 二 花 盛 开	—	31	61	9	—	36	4 月 14 日

这个表表明,在大约一千年的记载中,京都樱花开花的平均日期,以第九世纪最早,以第十

1) 见《全唐诗》卷三八二。按宋陆游《老学菴笔记》卷五云:“张文昌《成都曲》云:‘锦江近西烟水绿,新雨山头荔枝熟。万里桥边多酒家,游人爱向谁家宿。’此未尝至成都者也。成都无山亦无荔枝。苏黄门诗云:‘蜀中荔枝出嘉州,其余及眉半有不。’”陆游只知道宋时成都无荔枝,但不能证明唐代成都也无荔枝。
2) 参看陆游《老学菴笔记》和范成大《吴船录》。

二世纪最迟。在这段时间,中国气候和日本气候的变化是一致的。但到十七世纪,在我国正值明末清初,气候非常寒冷,而日本的樱花如表 2 所示,反而比现在开得早,原因何在,迄今尚不能解释。

第十二世纪刚结束,杭州的冬天气温又开始回暖。 在公元 1200, 1213, 1216 和 1220 年,杭州无任何的冰和雪。在这时期著名道士邱处机(公元 1148—1227 年)曾住在北京长春宫数年。于公元 1224 年寒食节作《春游》诗云:“清明时节杏花开, 万户千门口往来。”¹⁾可知那时北京物候正与北京今日相同。 这种温暖气候好象继续到十三世纪的后半叶, 这点可从华北竹子的分布得到证明。隋唐时代,河内(今河南省博爱)、西安和凤翔(陕西省)设有管理竹园的特别官府衙门,称为竹监司,南宋初期,只凤翔府竹监司依然保留,河内和西安的竹监司因无生产取消了²⁾。元朝初期(公元 1268—1292 年),西安和河内又重新设立“竹监司”的官府衙门,就是气候转暖的结果。 但经历了一个短时间又被停止³⁾,只有凤翔的竹类种植继续到明代初期才停⁴⁾。这一段竹的种植史,表明十四世纪以后即明初以后,竹子在黄河以北不再作为经济林木而培植了。

十三世纪初和中期比较温暖的期间是短暂的,不久,冬季又严寒了。根据江苏丹阳人郭天锡日记,公元 1309 年正月初,他由无锡沿运河乘船回家途中运河结冰,不得不离船上岸⁵⁾。公元 1329 年和 1353 年,太湖结冰,厚达数尺,人可在冰上走,橘尽冻死。这是太湖结冰记载的第二次和第三次⁶⁾。蒙古族诗人迺贤(公元 1309—1352 年)的诗集中,有一首诗,描述 1351 年山东省白茅黄河堤岸的修补和同年阳历 11 月冰块顺着黄河漂流而下,以致干扰修补工作⁷⁾。黄河流域水利站近年记载表明,河南和山东到十二月时,河中才出现冰块(见表 3)。 可见迺贤时黄河初冬冰块出现要比现在早一个月。

表 3 近年来黄河结冰的日期		
地 名	河 南 省 花 园 口	山 东 省 洛 口
观 测 年 份	1951, 1955, 1956	1922—29, 1933—36, 1943, 1951—58
冰块最初出现的平均日期	阳历 12 月 9 日	阳历 12 月 21 日
冰块最后出现的平均日期	2 月 16 日	2 月 21 日
河水结冰的平均日期	1 月 14 日	1 月 5 日
河水开冻的平均日期	1 月 26 日	2 月 1 日

迺贤居住北京数年,在他的关于家燕的一首诗中⁸⁾,慨叹家燕不过是一个暂时的过客,“三

1) 元李志常撰《长春真人西游记》卷一, 38 页。见《榕园丛书》本。
2) 宋乐史《太平寰宇记》卷三十“凤翔府”司竹监条:“又按汉官有司竹长丞,魏晋河内园竹各置司字之官。江左省。后魏有司竹都尉。北齐后周俱阙。隋有司竹监及丞,唐因之,在京北、鄂、盩厔、怀州、河内。 皇朝唯有鄂、盩厔一监,属凤翔。”
3) 《元史·食货志》:至元二十九年(公元 1292 年)“怀(庆)、孟(津)竹课,频频斫伐已损,课无所出”云云。
4) 见陕西《盩厔县志·古迹》,清乾隆时修。
5) 元《郭天锡日记》。杭州浙江省图书馆有手录稿,仅存公元 1309 年冬天两个月的日记。见《知不足斋丛书》第一集。
6) 元陆友仁:《砚北杂志》卷上。
7) 元迺贤:《金台集》(见《诵芬室所刊书》)集二《新隄谣》记述至正十一年(公元 1351 年)河决白茅,泛滥千余里,人民流离失所惨况,乃作此歌。中有“大臣杂议拜都水,设官开府临青徐,分监来时当十月,河冰塞川天雨雪,调夫十万筑新隄,手足血流肌肉裂,监官号令如雷风,天寒日短难为功”云云。
8) 同上《京城燕》诗,自注云:“京城燕子,三月尽方至,甫立秋即去。”并见陈衍辑《元诗纪事》卷十八。

月尽(阳历四月末)方至,甫立秋(阳历八月六、七日)即去”,停留那样短的时间,同现在的物候记载相比来去各短一周。从上述的物候看来,十四世纪又比十三世纪和现时为冷。第十三、四世纪时期,我国物候的变迁和表2的日本樱花物候又是相符合的。

气候的寒温也可以从高山顶上的雪线高低来断定。气候冷,雪线就要降低。在十二、三世纪时,我国西北天山的雪线似乎比现在低些。《长春真人西游记》记述邱处机应成吉思汗邀请,由山东经蒙古、新疆到撒马尔罕,于公元1221年10月8日(阳历)路过三台村附近的赛里木湖。邱处机在一首诗中说,“大池方圆二百里,雪峰环之,倒影池中,名之曰天池”。这个湖的海拔高度是2,073米,而围绕湖的最高峰大约再高出1,500米。作者于1958年9月14日和16日两次途经赛里木湖时,直至山顶并无积雪。当前,天山这部分雪线位于3,700—4,200米之间^[19]。考虑到邱过这个地方时的季节,如山顶已被终年雪线所盖,则当时雪线大约比现在较低200到300米。中国地貌工作者,近年来在天山东段海拔3,650米高处,发现完全没有被侵蚀,看来好象是最近新留下来的终碛石^[20]。这可能是第十二世纪到十八世纪的寒冷时代所遗留,即西欧人所谓的现代“小冰期”。中国十二、三世纪(南宋时代)的这个寒冷期,似乎预见欧洲将要在下一、二个世纪出现寒冷。依据У. Е. Бучинский^[21]的研究,在欧洲部分的俄罗斯平原,寒冷期约在公元1350年开始;在欧洲中部的德意志、奥地利地区,Н. Flohn^[22]以为公元1429到1465年是气候显然恶化的开始;在英格兰,Н. Н. Lamb^[23]以为公元1430、1550和1590年英国饥荒,都因天气寒冷所致。由此可见,中国的寒冷时期,虽未必与欧洲一致,同始同终,但仍然休戚相关。可能寒冷的潮流开始于东亚,而逐渐向西移往西欧。

三、方志时期(公元1400—1900年)

到了明朝(公元1368—1644年),即十四世纪以后,由于各种诗文、史书、日记、游记的大量出版,物候的材料散见各处,即使搜集很少一部分已非一人精力所能及。幸而此种材料大多收集在各省各县编修的地方志中。我国地方志有五千多种。这些地方志,除仪器测定的气候记录外,对于一个地区的气候提供了很可靠的历史资料。上节所述的物候材料只限于生物方面的证据,如气候对于植物生长和动物分布的关系,以及对于当地人民农业操作的影响,只能作为提示,很少直接证实气候确与现在不同。天气灾害直接与气候有关,当我们有以往的气候资料与现在的气候资料作比较时,我们就更有证据了。

各种气候天灾中,我们以异常的严冬作为判断一个时期的气候标准。如平常年里不结冰的河湖结了冰,这是异常的事情。全世界在热带的平原上是看不到冰和雪的,一旦热带平原冬天下雪结冰,这也是异常的事情。本节所讨论的就是这两种异常气候的出现。中国三个最大的淡水湖是鄱阳湖,面积5,100平方公里,洞庭湖4,300平方公里,太湖3,200平方公里。这三个湖均与长江相连。鄱阳湖和洞庭湖位于北纬29°左右,太湖位于北纬31°—31°30′之间。对于河流冰冻,我们以江苏省盱眙的淮河和湖北省襄阳汉水为标准。南京地理研究所徐近之曾经根据这些河湖周围地区的方志作了长江流域河湖结冰年代的统计(表4),和近海平面的热带地区降雪落霜年数的统计(表5),两种统计一共用了六百六十五种方志。对于热带地区的降雪只参考了广东省和广西壮族自治区的方志。云南热带地区因海拔太高不包括在内。

1) 元李志常撰《长春真人西游记》卷一, 38页, 见《榕园丛书》本。

表 4 长江流域河湖结冰的年代

年 代 (一世纪的四分之一)	太 湖	鄱 阳 湖	洞 庭 湖	汉 水	淮 河
1901—1970 年			1955	1955	1955
1900 年 第 四 第 三 第 二 第 一	1877, 1893 1861	1861, 1865 1840	1877	1877, 1886, 1899 1865, 1871 1830	1845
1800 年 第 四 第 三 第 二 第 一	1761		1790		1715, 1720
1700 年 第 四 第 三 第 二 第 一	1683, 1700 1654, 1665	1670	1690 1653, 1660 1621	1690, 1691 1653, 1660, 1670 1620, 1621	1690 1653, 1670, 1671 1640 1619
1600 年 第 四 第 三 第 二 第 一	1578 1568 1503, 1513	1570 1513	1510, 1513	1529 1519	1564 1550
1500 年 第 四 第 三 第 二 第 一	1476 1454			1493 1449 1416	1454
1400 年 第 四 第 三 第 二 第 一	1353 1329				
1300 年					1219
1200 年以前	1111			- 879, - 901	225, 515, 1186

在表 4, 十三世纪以前的资料很少, 残缺很多, 所以只列为一行。二十世纪以来气候比较温和, 直到 1970 年只一次江湖结冰所以只列为一行。第十四世纪以后, 按一世纪的四分之一时间把资料列于表中(热带地区的降雪从十六世纪开始)。同时把日本 取 访 湖(北纬 36°, 东经 138°) 每个世纪的四分之一的年代中温和冬季次数和结冰日数列于表 6^[24] 以资比较。表 6 的最末一行, 取访湖的结冰日期, 转引自文献[25]。

从表 4 和表 5 可以看出, 在这五百年中我国的寒冷年数不是均等分布的, 而是分组排列。温暖冬季是在公元 1550—1600 年和 1770—1830 年间。寒冷冬季是在公元 1470—1520, 1620—1720 和 1840—1890 年间。以世纪分, 则以十七世纪为最冷, 共十四个严寒冬天, 十九世

纪次之，共有十个严寒冬天。虽然所列中国的江湖均位于北纬 29—32° 之间的亚热带地区，降雪日期限于热带地区，但表 4 和表 5 所示的寒温程序也互相吻合。这是因为三个湖和淮汉二河的结冰，和广东、广西的降雪，都来源于西伯利亚或蒙古的特别严冷寒流之故。根据中国科学院大气物理研究所叶笃正的研究，这种寒潮主要是欧洲阻塞高压的分裂而向东移动的结果^[26]。

表 5 中国近海平面的热带地区降雪落霜的年数

一世纪的四分之一	年数					
1900 年						
第 四	1878	1882	1893			
第 三	1854	1856	1862	1864	1871	1872
第 二	1831	1832	1835	1840	1846	
第 一	1824					
1800						
第 四	1781					
第 三	1757	1758	1763	1768		
第 二	1729	1737	1742			
第 一	1711	1713	1721			
1700						
第 四	1681	1682	1683	1684		
第 三	1654	1655	1656			
第 二	1635	1636				
第 一	1602	1606	1621			
1600						
第 四	1578					
第 三						
第 二	1532	1536	1537	1547	1549	
第 一	1506	1512	1522			
1500 以前	1245	1415	1449			

同日本諏访湖的记载作一比较，中日两地的气候是近于一致的。两系列都表明，十七世纪的严冬较多，只是日本严冬开始和结束的年代比中国提早四分之一世纪左右。例如諏访湖在十七世纪公元 1626—1650 年已开始寒冷，而在中国则要到公元 1651—1675 年才寒冷。諏访湖在十五世纪末叶已很寒冷，而中国要到十六世纪初才寒冷，但到了十九世纪后半叶出现不调和的现象：当时中国甚严寒，諏访湖则异常温暖。这种不协调的情况，作者认为和达清夫《日本之气候》一书中所提到的下列现象是值得注意的。他说，在諏访湖记载期间，有一温泉喷出大量温水灌入諏访湖^[18]，这或许是使諏访湖温暖，影响到以后期间的冬季都不结冰。諏访湖面积只有 14.6 平方公里，所以易受一些地方因素的影响。

以中国冬季温度的趋势同欧洲的冬季温度的趋势作比较，其一致性比同日本的一致性更小。在欧洲，公元 1150 和 1300 年之间的温和冬季是最显著的，而中国十二世纪却是严冬最常见的世纪。中国在十七世纪的寒冷冬季与欧洲的俄罗斯、德国和英国却相同，但不是发生于同一个十年之中。两地寒冷冬季与温和冬季均维持五十年的光景，且互相转换，这倒是一致的。半个世纪寒温更迭出现，中国如此，欧洲也如此^[27]。这与总的大气环流变化有关，尤其与上面

提到的阻塞高压的多少和强弱有关。

上面我们只谈到十五世纪到十九世纪期间冬季的相对寒冷，下面准备说一下这段期间的气候变化对于人类和动植物的影响。 在这个期间，有一件事似乎是很清楚的，即这个五百年（公元 1400—1900 年）的最温暖期间内，

气候也没有达到汉唐期间的温暖。汉唐时期梅树生长遍布于黄河流域。在黄河流域的很多方志中，有若干地方的名称是为了纪念以前那里曾有梅树而命名的。例如：陕西酈县（北纬 36°，东经 109°20′）西北三十余里有梅柯岭，因唐时有梅树故名¹⁾。山东平度（北纬 36°48′，东经 119°54′）的州北七里有一小山，称为荆坡，据说曾种了满山梅树²⁾。目前酈州、平度均无梅。河南郑州（北纬 34°50′，东经 113°40′）西南三十里有梅山，高数十仞，周数里，闻往时多梅花故名³⁾。现已无梅。解放后，郑州市人民政府在郑州人民公园栽种梅树已获得成功。郑州在 1951—1959 年期间，每年绝对最低温度在 -14° 以上，可以说是目前梅树的最北极限。

作为参考，这里提一下欧洲种葡萄的历史。公元 1100—1300 年间，英格兰南部和德国部分地区，葡萄园广泛分布。由于以后的严冬，特别是公元 1430 年的严冬最低温度降到 -20° 至 -25℃，葡萄种植就完全停止了。这寒冷期间直延到二十世纪初才开始回暖。公元 1920—1950 年期间，年平均温度上升半度至一度，生长季节同十八世纪相比延长了二、三周；葡萄、杏、桃这类果品作物，在英格兰南部又种植起来了（见文献 [23] 17—20 页）。英国物候的最长纪录是 Norfolk 地方 Marshall 家中五代子孙继续观测的记录，从公元 1736 年开始直至公元 1925 年，计 190 年之久^[28]。初春银莲花 (*Woodanemone*) 开花，在公元 1891—1925 年期间要比公元 1751—1785 年早开 21 天之多。可知英国二十世纪初比十八世纪温暖得多。

在这五百年间，我国最寒冷期间是在十七世纪，特别以公元 1650—1700 年为最冷。例如唐朝以来每年向政府进贡的江西省橘园和柑园，在公元 1654 和 1676 年的两次寒潮中，完全毁灭了⁴⁾。在这五十年期间，太湖、汉水和淮河均结冰四次，洞庭湖也结冰三次。鄱阳湖面积广

表 6 日本諏访湖结冰的日数

年 代 (一世纪的四分之一)	湖不结冰的年数	迟于(+)或早于(-) 平均日数的结冰日数
1900 年		
第 四	2	- 4.9
第 三	5	+21.3
第 二	2	+ 7.0
第 一	3	+ 1.4
1800 年		
第 四	2	+ 3.5
第 三	2	+ 2.0
第 二	3	+ 8.2
第 一	3	+10.1
1700 年		
第 四	0	- 4.7
第 三	1	- 4.7
第 二	0	- 6.3
第 一	0	+10.2
1600 年		
第 四	0	- 4.9
第 三	1	- 3.2
第 二	1	- 3.3
第 一	9	+12.0
1500 年		
第 四	0	- 6.8
第 三	1	-11.7
第 二		
第 一		

1) 《酈州志·山川》，清道光时修。
2) 《莱州府志·山川》，清乾隆时修。并见《平度州志·山川》，清道光时修。
3) 《郑州志·輿地志》“山川”条。
4) 叶梦珠编：《阅世编》，载叶静渊《中国农学遗产选集》上编 45 页，四类第十四种“柑桔”。

大,位置靠南,也曾经结了冰。我国的热带地区,在这半世纪中,雪冰也极为频繁。

在这五百年间,我国物候材料浩繁,非本文所能总结。为了与十四世纪以前的物候材料作比较,这里只选择最冷的十七世纪的两种笔记中所见的物候材料加以论述。一种是《袁小修日记》^[29]。明万历三十六年至四十五年(公元 1608—1617 年)间,袁小修留居湖北沙市附近的日记。另一种是清杭州人谈迁著的《北游录》^[30]。叙述公元 1653—1655 三年间在北京的所见所闻。这两本书,详细记载了桃、杏、丁香、海棠等春初开花的日期。从这两个人的记载,我们可以算出袁小修时的春初物候与今日武昌物候相比要迟七天到十天;谈迁所记北京物候与今日北京物候相比,也要迟一、二星期。更可注意的是,十七世纪中叶,天津运河冰冻时期远较今日为长。公元 1653 年,谈迁从杭州来北京,于阳历十一月十八日到达天津时,运河已冰冻¹⁾;到十一月二十日,河冰更坚,只得乘车到北京。公元 1655 年,阳历三月五日,谈迁由京启程返杭时,北京运河开始解冻。根据谈迁的记述,可知当时运河封冻期一年中共有 107 天之久。水电部水文研究所整理了 1930—1949 年,天津附近杨柳青站所做的记录,这二十年间,运河冰冻平均每年只有 56 天,即封冻平均日期为 12 月 26 日,开河平均日期为 2 月 20 日。而据谈迁《北游录》所说,那时北京运河开河日期是在惊蛰节,即阳历 3 月 6 日,比现在要迟十二天。从物候的迟早,可以算出两个时间温度的差别,据物候学上“生物气候学定律”^[31]:春初,在温带大陆东部,纬度差一度或高度差 100 米则物候差四天。这样就可从等温线图中标出北京在十七世纪中叶冬季要比现在冷 2℃ 之谱。

四、仪器观测时期(从公元 1900 年开始)

风向仪和雨量计在明朝以前就应用了,到 1911 年,当时的中国政府才建立正规气象站。新中国成立后,气象事业空前发展,一个完好的气象预报站网已遍及全国各地。1900 年以前,中国只有极少数地方有气象记录。明朝初期,量雨器分布于全国不同地区,1424 年,朱棣(明成祖)下令地方长官每年向朝廷报告雨量,借以估量各个地区的农业生产,但此事不久即流于形式,以后也就停止了。

清代(公元 1644—1910 年),北京、南京、杭州和苏州有雨日的记载。北京从公元 1724 到 1903 年的记载,现在仍保存于故宫。这些记载只记录降雨时间的始末,没提数量;只凭肉眼观察,而非仪器测量。1932 年,曾对这些记载作过一次分析,并写成报告发表^[32]。根据这个报告,由秋季初次降雪到春节末次降雪的平均日期,得出结论是,1801 到 1850 年期间比其前 1751—1800 年期间和其后 1851—1900 年期间为温暖。这种情况,与表 4 和表 5 所列的资料相符合。

1593 年,意大利伽利略(Galileo)发明气温表,其后不久,耶苏会教士就把气温表引进中国。十八世纪中叶,耶苏会教士 J. Amiot 测量了 1757—1762 年的北京每日最低温度和最高温度,其结果发表于法国杂志 *Mémoires de mathématique et de physique*, 第六卷中。大约一百年后,在 1867 年,圣彼得堡(现在列宁格勒)俄罗斯科学院派遣 H. Fritsche 到北京建立气象与地磁站^[33]。他在北京工作十六年,著有《东亚气候》一文^[34]。这些论文使我们知道北京十八世纪和十九世纪期间的年平均温度和月平均温度,现列表如下(见表 7)。严格来讲,这些旧资料不能与现代的气象记载相比较,因为观测时间和仪器安置方法等同现在均不相同(如 J. Amiot 所

1) 天津运河始冰日期见文献 [30] 42 页,北京开河日期见文献 [30] 134 页。

用的温度计尚是列氏刻度的寒暑表)。由于这些资料是我们仅有的十八、九世纪的气温记载,所以只能依照其原有数值。

表 7 1757—62, 1875—80 和 1954—64 年期间北京的年平均和月平均温度(℃)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
1757—62	-5.0	-4.1	3.5	13.0	20.4	25.6	26.0	25.6	19.6	12.2	3.0	-3.4	11.4
1875—80	-5.8	-1.9	5.5	14.2	20.0	25.6	26.9	25.5	19.5	12.0	3.2	-3.4	11.8
1954—64	-4.2	-1.8	4.6	13.9	20.1	24.1	26.0	24.7	19.6	12.1	4.3	-2.4	11.8

从表 7 看,以冬季三个月来讲,二十世纪中期的温度有显著的暖和。十二月、一月和二月的平均温度是 -2.8℃,较 1875—1880 年期间的高 0.9℃,比十八世纪中期高 1.4℃。但 1954—1964 年间的夏季三个月的平均温度却比前两个期间的温度显著降低。这可能由于近年来中国东部大陆性气候减低,而海洋性气候增强,因为沿东亚海岸海洋上风速加大,增加海洋的影响之故。在北美洲东北部沿海近年也有这种趋势;大西洋沿岸洋流因南北温度差别加大而增加活力,使南北向的风速增大,遂使加拿大东北部冬季增温而夏季减暖^[35]。

在我国,北京是最早有温度表测定空气温度的,但记载不完全,中间有很大的间隙。除北京外,上海、香港和天津也有长时间的空气温度记载。为了与其他国家的古代温度相比较,做了十年的滑度平均值(图 1)。其中香港因缺乏第二次世界大战时期的温度,所以只能用各年实际温度,它的缺点在于使曲线参差不齐,忽上忽下,看不出这时代温度上升或下降的趋势。十年滑动平均可以改正这个缺点,看图 1 即可清楚。曲线表明,上海在十九世纪最后二十五年间,气候十分寒冷,大约比整个期间的冬季(指十二月、一月、二月,下同)平均温度 4.6℃ 降低 0.5℃。1897 年左右,冬季温度达到平均数,随后超过了平均数。在平均数之上停留约十四年。约在 1910 年左右到 1928 年,温度又逐渐下降到低于平均数。接着冬季温度又趋向增高,直到 1945—1950 年,超出平均数达 0.6℃。此后,温度逐渐减低,直到 1960 年回到平均数为止。在这期间,天津的冬季温度趋势,也是波浪式地摆动与上海的平行。但顶峰和底点比上海早几年到来,幅度也较大,而香港的曲线波动顶峰和底点则比上海迟滞,而且滑动平均温度的幅度较小。

从上海九十年左右的气温记录中,可以看出,十九世纪最后二十五年期间的温度为最低,1940 年为最高。以上海和同纬度的阿拉伯埃及共和国的亚历山大和开罗两地,在同一期间滑

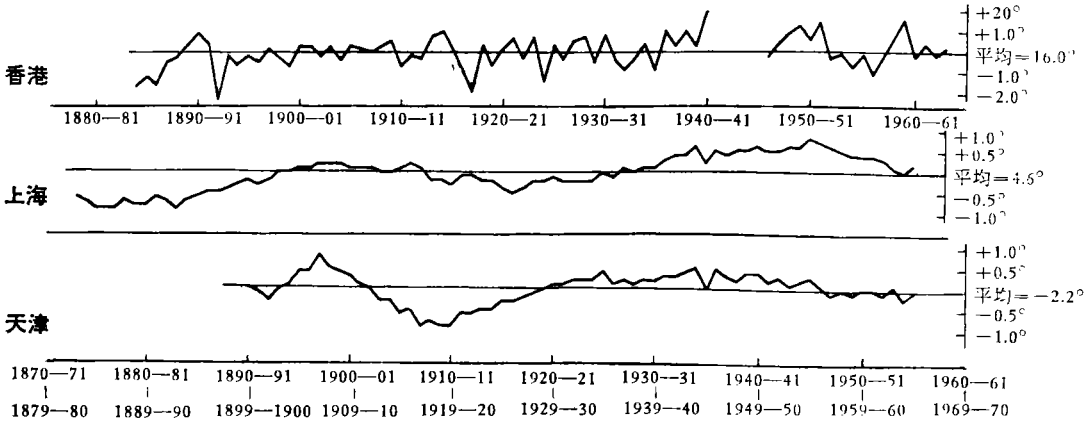


图 1 香港历年冬季平均温度和上海、天津冬季温度的十年滑动平均值

动的十年平均温度（1900 年最低，1930 年最高）^[36]相比，可以发现在下降或衰退期间，上海比开罗早，气候有向西移动的趋势；在上升期间，上海比开罗迟，气候出现向东移的趋势。

上海八十多年左右期间的气候趋势，有些上下摆动的幅度达 0.5℃ 或 1℃，这是有很大的经济意义的。它直接影响植物和动物的生长，间接控制病虫害的发生，以及农业操作、农业生产都可能受到影响。所以，重温一下过去的气候史，掌握气候的变化规律，预见将来气候的变化趋势，这对能动地改造客观世界具有重大意义。

在英格兰，G. Manley 曾对英格兰中部 1680 到 1960 年的温度记载，按季和年的十年滑动平均作过研究^[37]。发现从 1680—1690 年低温期间开始，气温有上升趋势。1880 到 1950 年期间，温度上升趋势尤其明显。此后，温度有点下降。与上海、天津相比，英格兰的冬季温度在 1930 年以后，当天津、上海冬季温度尚在继续上升的阶段，而英格兰的气温则表现下降的趋势。从 1260 年到 1814 年，伦敦泰晤士河完全结冰共 23 次。其中最坚厚而可乘车马通行的是在 1309—1310 年和 1688—1689 年冬天。从 1814 年以后，泰晤士河没有完全冰冻过^[38]。苏联列宁格勒有 1765 年以来两百多年的气候记录。列宁格勒地球物理总台 E. C. Рубинштейн 把这记录做了年滑动平均温度的研究，证明在此期间，列宁格勒年平均是 3.9℃，最冷的十年是 1780—1789 年，平均年温是 2.8℃；而最热的十年是 1927—1936 年，平均年温是 5.4℃。以世纪而论，则以十九世纪上半期为最冷，从 1890 年以后温度一直在总平均以上^[39]。由此可知，从仪器记录所得出气候变迁，在欧洲各国比较一致，而与我国则在时间上有先后。

中国近八十年左右期间，温度变迁已使天山雪线和冰川的进退受到影响。根据 1960—1963 年中国科学院冰川雪线测量队的调查，证明在 1910—1960 年的五十年期间，天山雪线上升 40—50 米，西部天山的冰川舌后退 500—1000 米。东部天山的冰川舌后退 200—400 米。同时森林线的上限也升高一些。调查结果认为，现在覆盖在天山高峰的冰川是历史时代寒冷期间的产物，大约是 1100—1900 年的寒冷期所成，而不是第四纪冰川期的残余^[40]。

十年滑动的平均曲线，使我们看出了一个地方的气候变化趋势。其缺点是它掩盖了个别的严冬。下面我们就天津、上海和香港三地，最近七、八十年中的五个最寒冷冬季的平均温度作比较分析，见表 8。

表 8 天津、上海和香港近七、八十年中的五个最寒冷冬季的平均温度(℃)

	冬 季	1	2	3	4	5
天 津	1890—1965 平均温度 -2.2	1956—57 -5.5	1935—36 -5.2	1910—11 -4.8	1896—97 -4.6	1894—95 -4.4
上 海	1873—1965 平均温度 4.6	1892—93 1.9	1944—45 2.2	1918—19 2.6	1877—78 2.8	1935—36 3.0
香 港	1884—1941 1946—1964 平均温度 16.0	1892—93 13.7	1917—18 14.1	1884—85 14.3	1886—87 14.5	1924—25 14.6

最低的平均冬季温度，虽然通常作为整个季节寒冷的最有代表性的标准，但同植物和人类遇着的最大天灾不总是符合的。在这段期间内，最严酷的天气，在华中和华东发生于 1955 年正月；但是没有列入表 8 中。因为在 1955 年，严酷的正月，接着就是温暖的二月，因此整个冬季，温度不是最低。

1955 年正月期间, 有连续从西伯利亚来的寒潮, 华中、华南许多地方的绝对最低温度的纪录被打破了, 如表 9 所示:

表 9 1955 年正月华中华南若干地方的绝对最低温度(℃)			
华 中		华 南 热 带	
安徽正阳关	−24.1	汕 头	0.4
江苏徐州	−16.7	南 宁	−2.1
汉 口	−14.6	海南定安	−0.3
南 京	−14.0	海南阳江	−1.4

这一年, 正阳关附近的淮河, 从一月一日至二月十五日结冰。汉水从一月一日至二月二十日也结冰二十天。洞庭湖从一月三日至六日完全结冰三天。 这是二十世纪洞庭湖、汉水和淮河结冰唯独一次有记载的事情。 这个月的寒潮沿着京汉铁路走, 因此, 在这条道路上, 温度降低是最大的。太湖在华东只是部分结冰。中国热带很多地方, 甚至到海南岛的南部都下了霜。数十万亩的热带树木被冻死, 广东的冬红薯这年完全毁灭了。

在这个期间, 另一次严重寒潮入侵是在 1936 年 2 月受寒潮影响最严重的是天津。当时天津港口和海河出口处, 从二月初到三月初都结了冰。 这是当地老年人毕生的记忆中所没有过的, 而且在此以后未再发生过。天津港封冻的原因是什么呢? 第一, 由于 1936 年一月和二月的极端低温, 平均温度一月为 −6.7℃, 二月为 −4.4℃, 比历年平均温度低 2.5℃ 和 2.7℃; 第二, 是由于东风的频数达 28.3%, 阻挡浮冰入海; 第三, 是由于 1936 年二月, 天津有过量的雪(1891—1949 年期间二月最大的雪)。

为什么有些冬季气候温和寒潮很少, 而有些冬季寒潮过多而成灾害? 如果严重寒潮季节在一定期间再次发生, 那么, 这种周期性是什么原因呢? 有些气象学家相信, 太阳黑子的周期与气候的周期有关系。日本和达清夫认为, 十九世纪日本稻类作物, 由于夏季低温而生长不好的几年, 似与太阳黑子最大的几年一致^[18]。波兰的 A. Kosiba 认为, “北半球的极端严冬, 是同太阳最活动的亦即太阳黑子最高年有严格的相关^[41]。但是, 这种相关, 只是在短期内一个地区有效。如中欧的极端严寒冬季, 在很多情况下, 与北极地区的极端温暖冬季是同时发生的。

从表 8 就可以看出, 天津、上海和香港的最寒冷冬季, 均正好发生于 1957 和 1893 年, 正是太阳黑子最大的年, 这似乎支持了和达清夫和 Kosiba 的观点。但是, 如果我们顺着线索, 追溯到十九世纪和十八世纪最寒冷的冬季和最寒冷的年代, 把它们同太阳黑子最大的年相比, 我们就可看出它们并非总是一致的。在表 8 中, 如以上海而论, 象 1945 和 1878 年这样寒冷的年份, 实际见于太阳黑子最小的年。总之, 太阳的活动, 如太阳黑子的多少, 虽影响到地面上的气候, 但其关系相当复杂, 到目前我们还没能探索出一个很好的规律出来。

结 论

四十或五十年前, 欧美大多数正统气候学家相信, 气候在历史时代是稳定的。根据当时奥地利的 J. Hann 的意见, 如果有一个地方做了三十年的温度记载或四十年的降雨记载, 我们就能给那个地方建立起一个标准, 这个标准能够代表历史上过去和将来若干世纪的温度和雨量。这种见解, 已为世界近数十年来收集的气象资料所否定。在我国, 古代作家如《梦溪笔谈》的作

者沈括,《农丹》的作者张栻和《广阳杂记》的作者刘献廷,均怀疑历史时代气候的恒定性;且提出各朝代气候变异的事例,记载于上述书籍中。毛主席在《中国共产党在民族战争中的地位》一文中说道:“我们这个民族有数千年的历史,有它的特点,有它的许多珍贵品。对于这些,我们还是小学生。今天的中国是历史的中国的一个发展;我们是马克思主义的历史主义者,我们应当割断历史。”对于中国气候的发展史,中国的文献是一个宝库,我们应当好好地加以研究。

本文的研究,仅仅是一个小学生的试探,试图窥探中国的悠久气候史。在中国这样辽阔的面积上和五千年这样悠久的岁月里,人们易于在浩如烟海的二十四史和五千多部方志中找不出头绪而有所迷失。因此,误解和矛盾是难免的,特别在考古时期和物候时期所提的事实,尤其如此。

本文对我国近五千年来的气候史的初步研究,可导致下列初步结论:(1)在近五千年中的最初二千年,即从仰韶文化到安阳殷墟,大部分时间的年平均温度高于现在 2°C 左右。一月温度大约比现在高 $3-5^{\circ}\text{C}$ 。其间上下波动,目前限于材料,无法探讨。(2)在那以后,有一系列的上下摆动,其最低温度在公元前1000年、公元400年、1200年和1700年;摆动范围为 $1-2^{\circ}\text{C}$ 。(3)在每一个四百至八百年的期间里,可以分出五十至一百年为周期的小循环,温度范围是 $0.5-1^{\circ}\text{C}$ 。(4)上述循环中,任何最冷的时期,似乎都是从东亚太平洋海岸开始,寒冷波动向西传布到欧洲和非洲的大西洋海岸。同时也有从北向南趋势,如图1所示。

我国气候在历史时代的波动与世界其他区域比较,可以明显看出,气候的波动是全世界性的,虽然最冷年和最暖年可以在不同的年代,但彼此是先后呼应的。关于欧洲历史上的气候变迁,英国 C. P. E. Brooks 是二十世纪前半期最有成绩的作者。我们把他所制的公元三世纪以来欧洲温度升降图^[42]与中国同期温度变迁图作一对照就可以看出,两地温度波澜起伏是有联系的。在同一波澜起伏中,欧洲的波动往往落在中国之后。如十二世纪是中国近代历史上最寒冷的一个时期,但是在欧洲,十二世纪却是一个温暖时期;到十三世纪才寒冷下来。如十七世纪的寒冷,中国也比欧洲早了五十年。欧洲和中国气候息息相关是有理由的。因为这两个区域的寒冷冬天,都受西伯利亚高压的控制。如西伯利亚的高气压向东扩展,中国北部西北风强,则中国严寒而欧洲温暖。相反,如西伯利亚高压倾向欧洲,欧洲东北风强,则北欧受灾而中国温和。只有当西伯利亚高压足以控制全部欧亚时,两方就要同时出现严寒。

挪威的冰川学家曾根据地面升降的结果,做出近一万年来挪威的雪线升降图。雪线的升

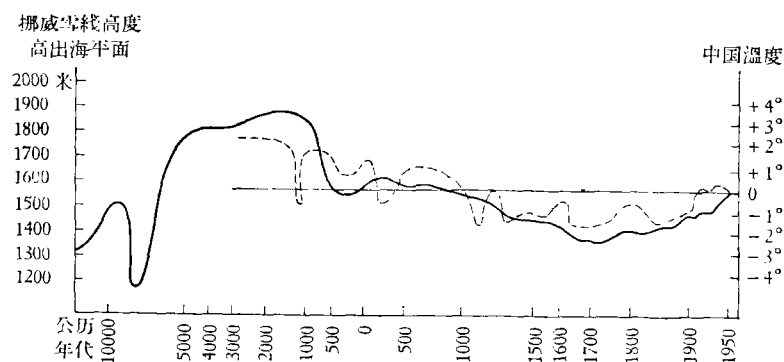


图2 一万年来挪威雪线高度(实线)与五千年来中国温度(虚线)变迁图

雪线高度以米计,目前挪威雪线高度在1600米左右。

温度以摄氏计,以0线作为目前温度水平。

横线时间的缩尺是幂数的,越至左边缩尺越小。

降与一地的温度有密切关系。一时代气候温暖则雪线上升,时代转寒,雪线下降。以我国五千年来气温升降与挪威的雪线高低相比(图 2),大体是一致的,但有先后参差之别。图中温度 0 线是现今的温度水平,在殷、周、汉、唐时代,温度高于现代;唐代以后,温度低于现代。挪威雪线也有这种趋势。但在战国时期,公元前 400 年,出现一个寒期为中国所无。尚有一点须指出,即雪线高低虽与温度有密切关系,但还要看雨量的多少和雨量季节的分配,所以不能把雪线上下的曲线完全来代表温度的升降^[43]。

最近丹麦首都哥本哈根大学物理研究所 W. Dansgaard 教授,在格陵兰岛上 Camp Century 地方的冰川块中,以 O^{18} 的放射性同位素方法,研究结冰时的气温,结果是:结冰时气温高时, O^{18} 同位素就增加,气温增加 $1^{\circ}C$, $\delta(O^{18})\text{‰}$ 就增加 0.69‰ ^[44]。兹将 W. Dansgaard 所制近一千七百年来格陵兰气温升降图^[45]与本文中用物候所测得的同时间中国气温图作一比较,如图 3 所示。A 表示从三世纪到现时的中国气温的波动。B 表示同时期用 O^{18} 同位素所测得的格陵兰岛的温度。图中两条线可说几乎是平行的,从三国到六朝时期的低温,唐代的高温到南宋清初的两次骤寒,两地都是一致的,只是时间上稍有参差。如十二世纪初期格陵兰尚有高温,而中国南宋严寒时期已开始。但相差也不过三、四十年,格陵兰温度就迅速下降至平均以下。若以欧洲相比,则欧洲在十二、三世纪天气非常温暖,与中国和格陵兰均不相同。若追溯到三千年以前,中国《竹书纪年》中所记载的寒冷,在欧洲没有发现,到战国时期,欧洲才冷了下来。但在 S. G. Johnsen 和 W. Dansgaard 的图表中^[46]就可以看出,距今三千年前格陵兰曾经一次两三百年的寒冷时期,与《竹书纪年》的记录相呼应。到距今二千五百年到二千年间、即在我国战国秦汉间,格陵兰却与中国一样有温和的气候。凡此均说明格陵兰古代气候变迁与中国是一致的,而与西欧则不相同。格陵兰与中国相距二万余公里,而古代气候变动如出一辙,足以说明这种变动是全球性的。

作者认为这是由于格陵兰和我国纬度高低不同,但都处在大陆的东缘,虽面临海洋,仍然是大陆性气候,与西欧的海洋性气候所受大气环流影响不相同。加拿大地质调查所在东部安大略省(北纬 50° ,西经 90°)地方用古代土壤中所遗留的孢子花粉研究,得出的结果,也是距今三千年至二千五百年前有一次寒冷时期;但嗣后又转暖的情况,与中国和格陵兰相似^[47]。我国涂长望曾研究“中国气温与同时世界波动之相关系数”^[48],得出结论:中国冬季(十二月至二月)温度与北大西洋浪动的相关系数是正的,虽是指数

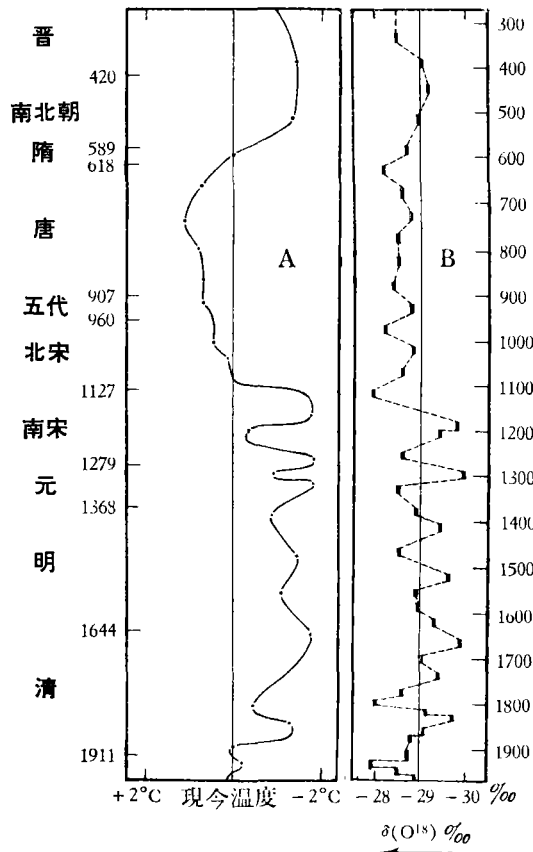


图 3 一千七百年来世界温度波动趋势图

- A. 从中国物候所得结果。
- B. 从格陵兰冰块所得结果。
- $\delta(O^{18})$ 增加 0.69‰ 则气温增加 $1^{\circ}C$ 。

不大,换言之,即中国冬季温度与北美洲大西洋岸冬季温度有类似的变化。总之,地球上气候大的变动是受太阳辐射所控制的,所以,如冰川时期的寒冷是全世界一律的。但气候上小的变动,如年温 1—2°C 的变动,则受大气环流所左右的,大陆气候与海洋气候作用不同,在此即可发生影响。

本文主要用物候方法来揣测古气候的变迁。物候是最古老的一种气候标志;用 O^{18} 和 O^{16} 的比例来测定古代冰和水的古气温是 1947 年 W. D. Urry 的新发现^[49],而两种方法得出的结果竟能大体符合,也证明了用古史书所载物候材料来做古气候研究是一个有效的方法。我们若能掌握过去气候变动的规律,则对于将来气候的长期预报必能有所补益。本文只是初步探讨,对于古气候说明的问题无几,而所引起的问题却不少。我们若能以马列主义、毛泽东思想为理论指导,贯彻“古为今用”的方针,充分利用我国丰富的古代物候、考古资料,从古代气候研究中作出周期性的长期预报,只要努力去做,是可以得出结果的。

参 考 文 献

- [1] 胡厚宣, 1944 气候变迁与殷代气候之检讨, 中国文化研究汇刊, **4**, 1, 1—84.
- [2] 蒙文通, 1920 中国古代北方气候考略, 史学杂志, **2**, 3, 南京.
- [3] 竺可桢, 1926 中国历史上气候的变迁, 中国科学社论文集, **3**, 1—12, 上海中国科学社.
- [4] 席泽宗, 1955 古新星新表, 天文学报, **3**, 183. (编译在 *Smithsonian Contributions to Astrophysics*, Vol. **2**, No. 6, 1958.)
- [5] Bullen, K. E., 1963 *An Introduction to the Theory of Seismology*, Cambridge.
- [6] 中国田野考古报告集, 1963 西安半坡, 考古学专刊, 丁种第14号, 文物出版社.
- [7] 杨钟健、德日进, 1936 安阳殷墟的哺乳动物群, 中国古生物志北京地质调查所, 丙种第12号, 第一册.
- [8] Wilkinson, E. S., 1935 *The Shanghai Bird Year*, p. 30, Shanghai.
- [9] 刘毓琮, 1960 诗经时代粟粱辨, 农史研究集刊, 第二册, 38 页, 科学出版社.
- [10] 胡锡文编, 1958 中国农业遗产选集, 主编甲类第二种“麦”, 149 页, 农业出版社.
- [11] 侯学煜编, 1960 中国之植被, 中国植被图, 146—152 页, 人民教育出版社.
- [12] 沈德绪、吴光林编, 1956 浙江柑桔冻害调查报告, 科学出版社.
- [13] 樊 铨, 1962 蛮书, 卷七, 蛮书校注, 171 页, 中华书局.
- [14] 竺可桢, 1924 南宋时代气候之揣测, 科学, **10**, 2, 151—161.
- [15] 农业科学院编, 1960 中国果树栽培学, 963—979 页, 农业出版社.
- [16] 李来荣等, 1956 南方的果树上山, 94 页, 科学出版社.
- [17] 李来荣等, 1956 关于荔枝龙眼的研究, 科学出版社.
- [18] 和达清夫编, 1958 日本之气候, 20 页, 东京东京堂.
- [19] 施雅风, 1964 五年来的中国冰川学、冻土学与干旱区水文研究, 科学通报, **3**, 218—225.
- [20] 杨怀仁、邱淑彰, 1965 乌鲁木齐河上游第四纪冰川与冰后期气候变动, 地理学报, **31**, 3, 194—211.
- [21] Бучинский У. Е., 1954 Очерки климата русской равнины в историческую эпоху, p. 83, Ленинград.
- [22] Flohn, H., 1959 *Klimaschnitte in Mittel Europa seit 1000*; Blüthgen, J., 1964 *Allgemeine Geographie*, p. 447, Berlin.
- [23] Lamb, H. H., 1965 *Biological Significance of Climate Changes in Britain*, pp. 3—33, Academia Press.
- [24] Arakawa, H., 1954 *Climatic Change as Revealed from Freezing Dates of Suwa in Central Japan*, *Scientific Proceedings of the International Association of Meteorology*, Rome, September, pp. 145—146.
- [25] *Proceedings of Conference on “Solar Variation, Climatic Change and Related Geophysical Problems”*, pp. 153—155, *Annals of New York Academy of Sciences*, Vol. 95, Article 1, N. Y., 1961.
- [26] 叶笃正等, 1962 北半球冬季阻塞形势的研究, 科学出版社.
- [27] Brooks, C. P. E., 1950 *Climate Through the Ages*, p. 310, London.
- [28] Margary, I., 1926 *The Marshall Phenological Records 1736—1925*, *Quarterly Journal of Meteorological Society*, Jan., Vol. **52**, pp. 27—54.
- [29] 袁中道, 1935 袁小修日记, 上海杂志公司重印.
- [30] 谈 迁, 1960 北游录, 中华书局.
- [31] Hopkins, A. D., 1924 *Notes on Bioclimatic Law*, *Nature*, Oct. 25.
- [32] 南京“中央研究院年报”, 1932, 254—255页.

- [33] 竺可桢, 1936 前清北京之气象记录, 气象杂志, **12**, 2, 65—68.
- [34] Fritsche, H., 1878 The Climate of Eastern Asia, *Journal of North China Branch of the Royal Asiatic Society*, **12**, pp. 127—335.
- [35] Recent Climatic Change in E. Canadian Arctic, *Nature*, June, 16, 1972.
- [36] Rosenan, N., 1961 Climatic Fluctuations in the Middle East during the Period of Instrumental Record, *Proceedings of the Rome Symposium on Changes of Climate*, pp. 67—73.
- [37] Manley, G., 1959 Temperature Trends in England, *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie*, **9**, 3—4, 413—433.
- [38] *Nature*, August, 31, p. 886, 1968.
- [39] Покровская, Т. В., Рубинштейн, Е. С., Климат Ленинград, стр. 67, Ленинград.
- [40] 许世远, 1963 中国天山现代冰川作用研究, 地理学报, **29**, 4, 310—328.
- [41] Kosiba, A., 1961 Last Climatic Oscillations in some Arctic Regions and in Central Europe, Report of the 6th International Congress of quaternary, Warsaw, pp. 285—289.
- [42] Brooks, C. E. P., 1950 Climate Through the Ages, p. 331, Fig. 32.
- [43] Schwarzbach, M., 1961 Das Klima der Vorzeit, Aufl. 2, S. 275.
- [44] *Nature*, May, 16, p. 632, 1970.
- [45] Dansgaard, W. et al., 1969 One Thousand Centuries of Climate Record from Camp Century on the Greenland Ice Sheet, *Science*, Oct. 17, p. 378, Fig. 2.
- [46] Johnsen, S. G., Dansgaard, W., et al., 1972 Oxygen Isotope Profiles through the Antarctic and Greenland Ice Sheets, *Nature*, Feb. 25, p. 434, Fig. 6.
- [47] Terramæ, G., Notes on Late Quaternary Climatic Changes in Canada; Solar Variation, Climatic Change and Related Geophysical Problems, pp. 665—666.
- [48] 涂长望, 1955 中国天气与世界大气波动及其长期预告中国夏季旱涝的应用, 中国近代科学论著丛刊·气象学 1919—1949, 373 页, 科学出版社.
- [49] Holmes, A., 1965 Principles of Physical Geology, p. 695.