

宋 燕

(中国气象局培训中心, 北京 100081)

王月宾

(河北省唐山市气象局)

季劲钧

(中国科学院大气物理研究所)

王沛涛

(河北省邯郸地区气象局)

提 要

回顾了古气候学中利用代用气象资料对小冰期气候重建的研究结果,归纳出小冰期时期全球气候特征及东亚季风区域气候特征,分析了小冰期气候形成的可能原因,介绍了国外有关小冰期气候成因的数值模拟现状,并对未来模拟工作发展方向提出了建议。

关键词: 古气候 小冰期 代用气象资料 数值模拟

引 言

小冰期的概念是指自全新世以来距今几百年的全球变冷的一种总体现象。大多数学者认为小冰期起止年代应定为十二世纪中期到十九世纪末期,但是有些学者认为应将小冰期的开始年代定于十三世纪初期,这种差异与各地区开始变冷的日期不同有关系。由于我国的急剧降温出现在十二世纪前后^[1],所以作者认为将小冰期的时间定于十二世纪初期更为合适。

于十七世纪前后达到极冷的现代小冰期可能是自全新世温暖期以来最引人注目的一次全球性气候变化事件,同时它是当前气候增暖现象的直接背景。在这一时期,全球尤其是我国人类活动已经达到相当大的规模,考察和研究这一时期的气候和环境变化也有益于我们对当前气候变化问题的认识。

1 小冰期时期气候特征的重建研究

到目前为止,利用各种代用气象资料对全球范围的小冰期气候的重建工作可总结如下:

(1)小冰期事件是发生在全球范围的变冷事件,它不仅发生在北半球,而且在南半球

也有同样变冷现象的发生。

北半球重建资料主要集中在中、日和西欧一些地区。南半球澳大利亚的 Tasmania 岛发现十七世纪的温度要稍低于平均值,比暖季的气温平均值 15°C 低 0.2°C ^[2]。尽管降温幅度较小,但却与小冰期一致。另外,南非在 1300 至 1850 年也较冷^[2],时间与小冰期相符。南半球这种小冰期气温降低较小的原因可能是由于南半球大面积海洋对气候的变化起了缓和的作用。但总起来讲,北半球在小冰期期间的变冷强于南半球。

与其它大尺度气候事件一样,小冰期现象也存在极个别的例外,小冰期的降温在喜马拉雅山脉地区没有明显的反映,这个地区前两个世纪的气候与近期相近,可能属于气候不敏感地带。

(2)小冰期事件不仅单纯是变冷事件,它还伴随着全球的干湿变化,并且干湿变化较大,旱涝灾害天气较多。

中国东部有 3 个涝期,分别是 1550~1610 年,1720~1765 年,1820~1900 年;并且存在 5 个干期和 5 个湿期^[2];非洲 Sahel 到 Sudan 一带,十六至十八世纪末为冷湿阶段,

在这之前和之后较干^[2],其它地区也有类似的情况。

一般地,小冰期暖(冷)冬在较长时间尺度上与第二年夏天洪水(干旱)相对应^[2]。

(3)小冰期期间,亚非干旱或半干旱地带存在几十年时间尺度上干湿振荡的一致性^[3],即北非、西北印度和中国东部带状地区,同时变干或变湿,其南北两侧与之相反。

当亚洲气候变冷的时候,夏季季风低压变弱,对流运动减弱,导致印度和中国降水减小,ITCZ南移,中国南岸和印度半岛降水增加。相反,在暖期,ITCZ北移,撒哈拉降水增加,地中海变干,亚洲季风加强,扩展到中国北部,印度和中国降水增加。亚非干旱区这种干湿振荡的一致性在小冰期前并没有,而是在小冰期以后出现。

在我国,则发现青藏高原地区与我国东部地区的较长期的旱涝变化往往是同相或近于同相的,并且早期一般发生于全球(或北半球)寒冷期,而我国西北干旱区则有与之反相的变化^[1]。在近代,年代际时间尺度上也有这种带状干湿状况变化的一致性。

(4)全球小冰期发生的时期具有区域性,跨度较大。

中国开始降温较早,在十二世纪初,欧洲则一般较晚,大约在十六世纪初期。但在Maunder Minimum时期,全球有较多的地区和国家出现明显变冷。欧洲一般在1675~1720年,而东亚地区则在1650~1700年,其它地区虽稍有变化,但平均日期在1700年左右。

(5)小冰期时期的变冷是全球总体上的现象,它是相对于全新世暖期而言的。在这种总体变冷的条件下,又有冷暖期的振荡。

在中国的东部和北部,小冰期3个较冷的时间为1450s~1510s,1560s~1690s,1790s~1890s,另外还有3个较暖的时段;前苏联Klimanov(1992)^[2]也作出了4个较冷时段,1250年,1450年,1700~1750年,1850年,对应Maunder Minimum还有3个较暖时段。其它地区也有类似的情况。

(6)小冰期同一时间段内,在同一地区不同的季节温、湿变化的情况又有所不同,反映

了叠加在世纪尺度上的变冷现象的十年尺度变化。

如在日本1820s前为冷冬暖夏,且少雨,1830s则为暖冬冷夏且潮湿。捷克的玻希米亚在1520~1560年和十七世纪后半期为冷冬暖干夏,1561~1630年为暖冬,夏季有洪水^[2]。

(7)在小冰期变冷的同时,不同的地区可能伴随着干旱,也可能伴随着湿润。

如前苏联西北地区十六世纪末到十七世纪初,冷伴随干;而我国长江流域在1820~1899年冷且伴随湿润^[2]。

(8)小冰期期间,伴随降温现象世界各地普遍出现了冰进^[1]。

加拿大落基山地区在1700~1750年、1800~1850年及1960~1980年间冰川前进;加拿大西部树木窄年轮出现在三段时期,1675~1700年、1800~1825年和1950~1975年,冰川附近有很多死树^[1]。

西欧阿尔卑斯山在十四至十九世纪小冰期期间冰川推进^[2]。冷期欧洲的雪盖南移,英国泥碳沼泽发展,中国南方的双季稻谷消失。

2 小冰期时期东亚地区的气候特征

有关小冰期时期东亚地区的气候特征,主要总结如下:

(1)小冰期期间,中国和印度等地区夏季的变化是冷伴随干,暖伴随湿。东亚地区最冷期出现在1800~1840年。中国的冬季风加强期基本上与较冷时期一致,说明气候变冷与冬季风加强有密切关系^[2]。

(2)中国小冰期变冷现象显著,灾害性天气事件明显增多。

竺可桢^[4](1973)根据河湖结冰及降雪落霜记载推测公元15世纪到19世纪中叶为近五千年来第四个寒冷期,估计气温比目前低1℃左右。张德二与朱淑兰^[5](1981)以10年为单位,对我国8个区的冬季温度进行了研究,指出1520~1540年之间为冷期,1610~1730年,1780~1900年,1950年之后为冷期,19世纪中最低气温距平可能达到-1.5℃。王绍武^[6](1992)所作中国东部和北部的冷期为1450s~1510s,1560s~1690s,

1790s~1890s。

在1645~1715年这段时间内,正是Maunder Minimum时期,我国年代处在明末清初,国内气候奇冷,8级以上大地震频频发生,飓风、海啸次数增多,火山活动加强。这期间前后,至少观测到有两颗银河超新星爆发,大慧星数目增多,大量陨石坠落。所以这段时间有人称之为“小冰河期”,或“明清宇宙期”。

(3)即使在中国区域内,中国南部和北部的变冷时期也有区别。

竺可桢^[4](1973)根据华东及华南冬季资料得到的结论:近500年中,有3个冷期,即1470~1520年,1620~1720年及1840~1890年。中国云南的较冷时期为1501~1537年,1618~1684年和十九世纪后期^[2]。

王绍武^[7](1990)选取以长江中下游为主的华东5个省市为研究范围(安徽、江苏、浙江、江西及上海),根据历史记载恢复了1470年以来春、夏、秋、冬四季的10年平均气温距平。结果表明,过去500年中,前400年比近100年显著偏冷。并且在小冰河期不但气温平均值下降,气温变化幅度(方差)也增加,春秋两季最为明显。

王绍武^[6](1990)建立起1380年以来我国华北各季10年平均气温距平序列,结果表明1550s(即1550~1559年)~1690s和1800s~1860s为两个寒冷期。这两个寒冷期要比竺可桢根据我国南部史料定出的提前70年和40年,这说明寒冷期在我国可能不是同时到来的。

3 小冰期气候的数值模拟和机制分析

目前,有些学者对小冰期的发生机制作了一些模拟工作。美国Overpeck(1992)等^[2]运行NASA-GISS GCM模式,模拟了三个强迫机制:太阳辐射异常、火山爆发和海洋热传输强迫。首先他们发现单个火山爆发对全球变化的影响一般在几年内迅速减弱。在平流层均匀增加气溶胶含量,所得区域型气候变化等同于太阳辐射减少试验。这种异常可能在几十年到几百年尺度上影响地球气候变化。其次,他们还作了分别将太阳常数降低0.25%到2.0%的试验,结果显示,全球冷却

分别为0.47℃和5.82℃。在前一个实验中,可得到海冰覆盖增加,热带对流减弱,Hadley环流减弱,降水也减弱,高纬度降温最严重,中纬变化最小。最后,他们作了降低北大西洋表面温度平均1℃的试验,结果北大西洋区域出现冷中心。Nesme-Ribes(1995)^[8]认为温盐环流发生变化的原因可能是海洋对火山爆发和太阳辐射变异的响应。

Nesme-Ribes(1995)指出,在小冰期降温最明显的时期Maunder Minimum太阳辐射的降低在0.1%~1%之间,平均值是0.4%,这就意味着在地球大气顶部太阳常数减少一个平均值 $1W \cdot m^{-2}$ 。考虑到地球表面反照率和球状结构,Robert Sadourny(1995)^[9]将太阳辐射从Maunder Minimum到现在增加 $1W \cdot m^{-2}$,作了一系列实验,发现极地—赤道温度梯度减弱,湿度梯度增加等结果。另外,他发现太阳辐射异常对气候影响与变化大气中温室气体的含量对气候影响的结果非常相似。

关于引起小冰期现象的机制,经过一些科学家的研究和分析,无外乎是受到地球内外因子强迫的结果。地球内部的强迫因子有火山爆发,冰川推进和缩减,海洋温盐环流改变及人类活动影响等等,其中冰川的推进、海洋温盐环流改变很有可能是对其它外部强迫因子影响的响应。

气候变化的外部强迫因子,主要来自于太阳辐射变异以及太阳的异常活动。Sadourny(1995)^[9]指出在十亿年时间尺度上,太阳系行星系统形成,太阳对地球的辐射增加了三分之一;在千万年到亿年时间尺度上,穿越太阳系的银河尘云导致地球出现冰期;在一万年到十万年时间尺度上,地球上的气候变化响应太阳轨道参数以及日照变化的影响;在几十年到百年时间尺度上,太阳辐射变异可能对地球气候有很大影响,而太阳辐射变异又与太阳黑子活动变异有密切关系(Nesme-Ribes, 1995)。日本Kunitomo Sakurai(1992)利用树年轮中¹⁴C资料来估计太阳黑子活动,发现两者对应关系较好,在小冰期太阳黑子数目明显减少,而在Maunder Minimum太阳黑子活动降到最低。

王绍武(1995)^[10]将冰芯酸度代表火山活动,用¹⁴C代表太阳活动,与近1000年来的全球平均温度变化作了比较,发现两个因子与气温的相关系数分别为-0.49和-0.73。这表明,火山活动强,太阳活动弱可能是小冰期形成的原因。

到目前为止,大多数科学家认为太阳活动和火山爆发是小冰期形成的主要因子。当然,并不排除其它因素的影响。

4 总结和讨论

像小冰期这样长时间尺度的变冷事件很可能是几个强迫因子共同作用于地球的结果,所以目前对小冰期的模拟工作,只是处在初级阶段。作者以为,若想较全面地认识和分析小冰期,就必须对其形成机制作较全面的考虑。首先在同一模拟中加入可能的几个促成小冰期事件的强迫因子,如太阳辐射异常、火山爆发等因子来模拟小冰期气候特征。而且由这些强迫因子造成的结果,如冰川的推进、雪盖的增加、温盐环流的异常、地表状况的改变,作为对强迫的反馈也会继续影响全球气候的变化,而且往往在某一个较短时期内,某一反馈过程可能在全球变化中占主导作用,但以上学者并没有将这些因素全部考虑进去,这无疑影响了对小冰期模拟的结果。未来的模拟工作应采用包含各种主要反馈过程的模式对小冰期进行模拟。

小冰期时期是我国人类活动频繁的时期,人类活动在自然界中留下了不可磨灭的印迹。随着人口的增长,开发山林增加农田,我国隋唐时期农业植被开始遍及全国。经过明清时代,我国耕地的规模已基本接近现代的轮廓范围。如此广阔的自然森林、草原被破坏或改造成农田,必定会给东亚地区乃至全球带来环境和气候上的显著变化。所以,模拟小冰期时期的气候,人类活动造成的影响必不可少。

可喜的是,做这样的模拟工作的条件我们已经基本具备,无论是从古气候代用资料还是模式性能,目前是最有利时期,因此我们应该充分利用现有资源,为进一步探索小冰

期气候变冷机制做出努力。

通过以上总结和讨论,可得以下主要结论:

(1)小冰期气候变冷现象是全球现象,北半球降温幅度强于南半球。

(2)小冰期时期不同地点和不同时段而降温幅度并不一样。亚非季风区域一般为冷伴随干,暖伴随湿。

(3)我国小冰期变冷比较显著,灾害性天气增多,但是从南到北冷暖时期有明显差异。

(4)目前对小冰期气候的模拟工作仍处于初级阶段,一般认为太阳辐射异常导致了小冰期气候变冷。

参考文献

- 1 叶笃正. 中国的全球变化预研究. 北京:气象出版社, 1992.
- 2 T. Mikami. Proceedings of the International Symposium on the Little Ice Age climate. 1992.
- 3 Ji Jinjun, Maire N. P. and Yan Zhongwei. The last 1000 years: Climatic Change in Arid Asia and Africa. *Global and Planetary Change*, 1993, 7: 203—210.
- 4 竺可桢. 中国五千年气候变迁的初步研究. *中国科学*, 1973, 16(2): 226—256.
- 5 张德二, 朱淑兰. 近五百年我国南部冬季温度状况的初步分析. 全国气候变化学术讨论会文集, 北京: 科学出版社, 1981.
- 6 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, 5: 553—560.
- 7 王绍武, 王日昇. 1470年以来我国华东四季与年平均气温变化的研究. *气象学报*, 1990, 48(1): 26—35.
- 8 Elizabeth Nesne—Ribes. The Maunder Minimum and the deepest phase of the Little Ice Age. *Solar Output and Climate during the Holocene*. German, 14th EPC/ESF Workshop, 1995: 131—144.
- 9 Robert Sadourny. Climate sensitivity, Maunder Minimum and the Little Ice Age. *Solar Output and Climate during the Holocene*. German, 14th EPC/ESF Workshop, 1995: 145—160.
- 10 王绍武. 小冰期气候的研究. *第四纪研究*, 1995, 3: 202—212.

Reviews on Little Ice Age Climate and Approach to Its Mechanism

Song Yan

(Training Center, CMA, Beijing 100081)

Wang Yuebin

(Tangshan Meteorological Office, Hebei Province)

Ji Jinjun

(Institute of Atmospheric Physics Chinese Academy of Sciences)

Wang Peitao

(Handan Meteorological office, Hebei Province)

Abstract

The paleoclimatic studies of reconstructions on the Little Ice Age climate with proxy data and records of meteorology in history are reviewed. The global and East Asian monsoon regions' climatic features and the possible factors of inducing low temperatures during the Little Ice Age are concluded. It is also introduced that the present numerical simulating results on mechanisms of the Little Ice Age, and it is suggested that the main effective factors and some feedback processes should be put into models for simulating in the future.

Key Words: paleoclimate the Little Ice Age proxy data numerical simulation