

认识气候变化规律是低碳经济管理的重要前提

杨学祥¹, 杨冬红^{2,3},

1 吉林大学 地球探测科学与技术学院, 长春 130026

2 吉林大学 古生物学与地层学研究中心, 长春 130026

3 吉林大学 东北亚生物演化与环境教育部重点实验室, 长春 130026

摘要: 太平洋十年涛动是气候自然波动和灾害频发的重要原因。研究发现, 低温冻害、强震、沙尘暴和流感世界大流行都集中发生在太平洋十年涛动的冷位相时期, 形成有序爆发的灾害链, 并与拉尼娜、厄尔尼诺、太阳黑子极值和强潮汐组合密切相关。历史数据表明, 太平洋十年涛动与世界经济发展长波有惊人的一致性, 表明灾害在社会经济发展中的重要作用。低碳经济的管理首先要认清气候变化的规律性及其对经济发展的影响。

关键词: 太平洋十年涛动, 灾害链, 世界经济发展长波, 气候变化

1. 全球持续变暖和气候变冷的大争论

关于气候变化和相关极端灾害事件频发, 国内外学者颇多争议, 这给灾害预测和预防带来困难。入冬以来, 我国平均气温为 -5.5°C , 为近 27 年来同期次低值, 去年是最低值。与我国类似, 欧亚大陆很多国家也正在遭遇寒冬。肆虐欧洲大陆的寒流及其带来的暴雪、狂风已经造成 500 多人死亡, 数十万人受灾。自 2009 年起, 北京连续 3 年出现冷冬。

世界气象组织指出, 对比欧洲 2009 年至 2010 年那个冬季, 那时寒潮来得更早, 持续时间更长, 自 2009 年 12 月开始, 贯穿整个 2010 年 1 月和 2 月的大部分时间。而 2006 年冬天, 情况也比今年严重。国家气候中心王启认为, 与近几年相比, 2012 年这次欧洲暴风雪和寒流造成的灾害比 2007 年、2008 年、2009 年严重得多, 但还比不上 2006 年、2010 年和 2011 年, 其中 2006 年的情况基本是最严重的。中国工程院院士丁一汇也认为, 全球变暖在时间上并不是均匀的, 有相对的冷期, 也有相对的暖期, 但总体的趋势是上升的^[1]。

国家气候中心张培群指出了一个重要的事实: 全球变暖在 2000 年以前表现为连续发生暖冬, 在 2000 年以后出现了一些阶段性低温, 2006 年以来基本每年 1 月份都出现了阶段性低温, 有时 12 月份也有^[2]。他还认为在最近 100 年全球气温总体变暖的趋势里, 我们也曾经历过这种 20-30 年尺度的气候波动。上世纪 20 至 40 年代是一个相对显著偏暖的阶段, 之后的 50 至 70 年代, 就经历了一个相对冷期。但之后的 80 年代开始, 全球又进入一个变暖的时期。最近几年虽然全球气温没有逐年增加 (2010 年是最暖的一年, 2011 年依然偏暖, 但比 2010 年有所减弱), 但总体增暖的趋势依然没有改变^[3]。

全球变暖在时间上并不是均匀的, 有相对的冷期, 也有相对的暖期, 但总体的趋势是上升的。这一事实与全球温室气体排放的均匀性相矛盾, 表明自然因素仍起作用, 温室效应不能解释气候变化的短期波动。

了解过去才能理解现在, 认识了过去和现在才能预测未来。百年以上的气候变化历史表明, 气候冷暖变化符合自然周期规律, 分别为 3 亿年、10 万年、1200-1800 年、200 年和 60 年。人类活动可以增大了气候波动的强度, 但不能改变气候波动规律。

2. 气候变化的原因

2.1 太阳活动说

在十五世纪至十七世纪的二百余年内, 低温冻害严重, 被称为小冰期时期。从 1645 到 1715 年, 太阳活动衰微, 太阳黑子非常少, 持续时间不可思议地持续长达 70 年。1894 年, 英国天文学家蒙德把这 70 年称为太阳黑子“延长极小期”。有人把它看作是“小冰期气候产生的原因”^[4,5]。

对宇宙飞船测量数据的分析确定, 太阳的辐射输出变化于 0.1~0.3% 的水平上^[6]。大量观测数据表明, 地质环境记录的气候变化与由地球轨道引起的太阳辐射量的变化有较好的一致性^[7-11]。现代科学研究不仅需要相关数据的统计分析, 而且需要相关机制的能量计算。这一问题的争论焦点是, 地球接收到的太阳能量变化是否足以引起地球气候长周期 (冰期和间冰期) 和短周期 (小冰期与小气候最适期) 的相互

转变^[6-12]。Eddy 等人估计, 太阳常数变化引起的气候响应与正常发生的变化相比是很小的——太阳常数的变化至多使地球表面的温度受到零点几度的扰动, 问题的关键在于能够激发低层大气发生变化的机制^[13]。宇宙尘埃云说是一种地外机制, 但它也受到近期观测资料的挑战^[12]。

2.2 地球轨道变化说

第四纪冰期和间冰期的转换, 遵循米兰科维奇的天文冰期理论, 具有 2、4、10 万年的地球轨道周期, 分别为近日点运动周期、黄赤交角周期和地球轨道偏心率变化周期^[14]。

据任振球的研究, 木星、土星、天王星和海王星使地球冬至时的公转半径发生相当稳定的准周期变化, 与全球尤其北半球气温变化的间隔 60 年振动相一致。在 20 世纪初的低温期和 60~70 年代相对偏冷期, 当时 (1901 和 1960 年) 地球冬至时的公转半径分别延长了 94 (相当于日地距离的 0.6%) 和 57 万公里; 在 30-40 年代和 80 年代后的暖期, 地球冬至时的公转半径 (1940 和 2000 年) 分别缩短了 76 和 44 万公里。2000-2020 年地球冬至时的公转半径由极小值变为极大值, 他推测 2020 年前后全球气候将进入相对冷期^[15]。

韩延本等人分析了美国宇航局公布的起自 19 世纪中期的全球及南北半球的温度异常变化资料, 得到它们存在约 60 年的准周期性波动的初步结果。该周期是它们的中周期波动的主要周期分量之一, 它对调制温度的总体变化趋势可起到重要作用。分析表明, 该周期分量是时变的, 周期长度在 19 世纪略超过 60 年, 之后缓慢变短, 到 20 世纪后期月在 55 年至 60 年间。所谓人类活动造成的温室效应的加剧似乎并未有打乱这一周期分量的存在^[16]。

2.3 臭氧洞漏能说

平流层里的臭氧吸收了进入大气层太阳总辐射的 2%。臭氧含量减少, 降低了平流层吸收太阳能量的能力, 并将这部分能量泄漏给对流层。这就是臭氧洞漏能效应。20 世纪 80 年代全球迅速变暖与平流层臭氧急剧减少相关, 而 60 年代降温与同期平流层臭氧含量增加一一对应。平流层臭氧含量增加对应地球低温, 平流层臭氧含量减少对应全球增温。全球变暖与南北极臭氧洞扩大相对应^[17, 18]。

2.4 地磁层漏能说

电离层吸收太阳辐射的 7%。地磁场强度越大, 电离层的离子密度就越大, 吸收太阳辐射的能力就越强。二千年以来全球磁场持续减弱, 而最近 150 多年地磁强度下降了 10%~15%。南大西洋出现地磁异常区, 其磁场减弱达 35%, 地球磁极弱化。地磁场强度增强, 全球气温变冷; 地磁场强度减弱, 全球变暖。地磁场强度增强可能是小冰期形成的一个原因^[17-19]。地磁场强度变化也具有 2、4、10 万年的地球轨道周期, 与冰期和间冰期的转换周期对应, 表明地磁变化与气候变化的相关性。许多人都注意到强磁场与冷气候的对应关系^[17]。

2.5 深海巨震降温说

2002 年郭增建提出, 海洋及其周边地区的巨震产生海啸, 可使海洋深处冷水迁到海面, 使水面降温, 冷水吸收较多的二氧化碳, 从而使地球降温近 20 年。20 世纪 80 年代以后的气温上升与人类活动使二氧化碳排放量增加有关, 同时这一时期也没有发生巨大的海震。巨震指赤道两侧各 40° 范围内的 8.5 级和大于 8.5 级的海震^[20]。

从 15 至 17 世纪的小冰期时期, 世界上强震很多, 中国华北处于第六地震活动期, 其间发生了 4 次 8 级地震, 7 次 7 级地震^[4]。强震频发可导致海洋表面降温。2012 年 1-2 月日本严寒与 2011 年 3 月 11 日 9 级地震海啸有关, 地震海啸不仅造成财产损失和人员伤亡, 而且降低海表温度。

2.6 火山活动致冷说

现代火山活动有明显致冷的记录: 小冰期对应强火山活动, 小气候最适期对应弱火山活动。因为火山灰和二氧化硫等火山喷发物到达平流层后, 较小的气溶胶可在数月内传播到全球, 并可在平流层内持续漂浮 1~3 年, 使太阳直接辐射减弱, 造成大气降温。最新发表的研究报告显示火山喷发导致了“小冰期”的到来。研究报告称, 1275 年到 1300 年之间, 热带地区经历过四次大规模火山喷发, 喷发出来的

大量硫酸盐颗粒进入大气层上空反射了太阳辐射,使地球气温降低:1430年到1450年,也发生了一轮大规模火山喷发。

1815年,印尼坦博拉火山喷发,火山灰及二氧化硫导致翌年全球气温下降了 0.4°C 至 0.7°C ,亚欧美很多地区粮食失收,中国亦有“天气忽然寒如冬”的记载;1783年,冰岛拉卡基格火山喷发使得欧洲大陆被阴霾笼罩,气温下降造成数万人丧生,影响甚至波及日本、印度和非洲;1982年,墨西哥埃尔奇琼火山喷发后,使得到达地面的阳光总量减少了10%至35%,导致全球平均气温下降了 0.2°C 。

2.7 潮汐震荡调温说

杰拉尔德·邦德通过分析大西洋底的沉积层,发现地球的寒冷期和温暖期出现有规律的波动,波动周期大约为1500~1800年^[21,22]。

季林认为,地球、月亮和太阳相对位置的变化会引起潮汐强度的逐渐变化,其周期与邦德提出的“气候周期”是一致的。潮汐大时,就有更多来自海洋深处的冷水被带到海面。这些冷水可以冷却海洋上的空气。潮汐小时,海洋深处的冷水很难被带到海面,世界就变得暖和。据季林的计算,大约在1425年即小冰期的末期,潮汐达到了最大值,从那以后逐渐减弱,直到3100年潮汐又达到最大值。这个周期是过去1万年气候变迁的主要动力。这个效应使地球的温暖期从小冰期末期一直持续到24世纪^[23]。

在十五世纪至十七世纪的二百余年内,全球强震发生频繁,其它自然灾害也很集中,如瘟疫流行,低温冻害严重,被称为小冰期时期。这个时期也正是太阳黑子蒙德极小值时期^[4],太阳活动处于低值状态,有人把它看作是冰期气候产生的原因。

潮汐高低潮还有200年左右的明显周期变化。其中,1425年、1629年两次峰值对应小冰期时期,1770年的峰值对应18世纪的低温,1974年的峰值对应20世纪70年代的气候变冷。特别是潮汐54-56年周期(与太平洋十年涛动的50-70年周期对应),在全球气候变化中有非常明显的作用^[5]。

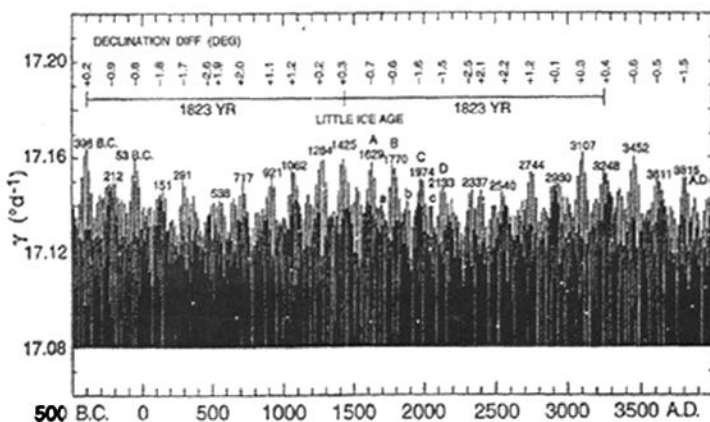


图1 潮汐1800、200年周期

2.8 墨西哥湾流减速说

墨西哥湾流挟带墨西哥湾的暖水北上,使北欧的气温较类似纬度的西伯利亚高了摄氏5至10度。在小冰期间,墨西哥湾流的强度减缓了约10%。这也可能是1200-1850年小冰期的成因。墨西哥湾流在小冰期减速,可能是大西洋风发生起因不明的改变所致。一些研究人员认为这和阳光照射量出现变化有关。

2.9 海底藏冷效应和海洋锅炉效应

我们在1976年建立了地球内核相对地壳地幔快速旋转的数学模型,当年被地震波测量结果所证实^[24,25]。

由于内核相对地壳地幔的差异旋转,太阳辐射达到最大值时使核幔角动量交换达到高峰,部分旋转动能转变为热能积累在核幔边界赤道区(此处核幔速度差最大,积累的热能最多)。超级热幔柱(羽)由核幔边界赤道热区升起,在海底赤道区喷发,加热了底层海水,并引发赤道和两极之间的海洋整体热循

环,降低了赤道和两极大气的温差,使两极的海温和气温逐渐上升到冰点以上,消除了海洋藏冷效应的“冷源”,形成全球无冰温暖气候,产生晚白垩纪赤道海洋表层低温之谜(当时温度为摄氏 21 度,比现代低 6.5 度)。我们称这个过程为海洋锅炉效应。有证据表明,随着热幔柱喷发强度的减弱,近一亿年间海洋底层水冷却了摄氏 15 度,大气冷却了 10~15 度。这是典型的地、海、气相互作用。计算表明,一亿二千万年前形成翁通爪哇海台的海底热幔柱喷发,其释放的热量可使全球海水温度增高 33 度,喷发过程经历了几百万年时间。有证据表明,在古新世末不到 6000 年的时间内大洋底层水温增 4 度以上。海底火山活动引发的深海热对流在全球气候变化中的作用不容忽视^[26]。海底藏冷效应和海洋锅炉效应受太阳活动的驱动,是太阳活动左右小冰期的一个重要附加机制。

2.10 温室效应

几百年前,伽利略最早提出温室效应的时候,认为全球气候变暖将有利于物种的繁衍,并把地球暖化当作直线式的过程。19 世纪末,瑞典科学家 Svante Arrhenius 则认为前者错的高谱,后者则是太过简单的想法,因为这样就是假设气温上升的时候,海洋和土壤还保持原来的状态不变。

二氧化碳(分子式为 CO_2)和水汽等被称为温室气体。温室气体有效地吸收地球表面、大气本身相同气体和云所发射出的红外辐射,重新发射红外辐射,其中有一半返回到地表,在夜间持续辐射,使地表不致因缺乏太阳辐射而变得太冷。温室气体这种保护地热量散失的作用,叫温室效应。正是大气中温室气体的存在,使地表维持在 15℃ 的平均温度上,为人类和整个生物圈提供了一个温暖的环境。一百多年前大气中的浓度是非常稳定的。工业革命以来,人类活动产生大量温室气体, CO_2 的大气浓度由 1800 年的 280ppmv(即一百万单位体积气体中含有 280 单位体积的 CO_2)增加到 2000 年的 380ppmv。气象专家预测, CO_2 浓度增加一倍,全球地面温度将高 1-5℃^[27]。

3. 历史气候的变化规律

3.1 三亿年大冰期周期

3 亿年大冰期周期时间表:200 万年以来第四纪大冰期;2.8 亿年前石炭二叠纪大冰期;5.95 亿年前的前寒武纪大冰期。形成原因:与 3 亿年太阳系的银河年轨道有关。

叶淑华院士指出,在距今 0.65~1.4 亿年前的白垩纪,地球上发生许多费解的事件:地磁场突然倒转;出现许多黑色岩系,说明此时岩浆活动非常剧烈;大洋洋洋底裂开;大气温度比现在高 18℃ 左右;海平面比现在约高 150 米;地球的自转变快;古生物大量灭绝;大气中 CO_2 的含量十倍于现在;陨石增多;造山作用弱,夷平作用大。对于这些事件的解释可能是,由于一颗小行星撞击了地球。另外此时的太阳系处于一个特殊的位置,位于银河系的远银心点^[28]。

3.2 10 万年冰期和间冰期周期

在第四纪大冰期中,每个 10 万年就发生一次冰期和间冰期的转换,与地球轨道偏心率的 10 万年周期对应,末次冰期发生在 18000 年前^[14]。

3.3 1200-1800 年的小冰期周期

早在 20 世纪 70 年代,竺可桢就曾经对我国 5000 年来的气候做过研究,发现我国近 5000 年来,就有四次温暖期和四次寒冷期交替出现,平均周期为 1250 年。

第一温暖期:公元前 3000 年-公元前 1000 年前左右,这个时期我国大部分时间的年平均气温比现在高 2℃。

第一寒冷期:从公元前 1000 年左右到公元前 850 年(周代初期),有一个短暂的寒冷期,年平均气温在 0℃ 以下。

第二温暖期:从公元前 770 年到公元初年,又进入一个新的温暖时期。

第二寒冷期:从公元初年到公元 600 年,即东汉、三国到六朝时代,又进入第二个寒冷时期,在当时的南京,冬天温度比现在要低,结冰是很常见的。

第三温暖期:从公元 600 到 1000 年,即隋唐五代时期,是第三个温暖期,当时在中国的首都长安,广泛种植着喜热喜雨的竹子。

第三寒冷期：从公元 1000 到 1200 年，即宋朝是第三个寒冷期，温度比现在要低 1℃左右。

第四温暖期：从公元 1200 到 1300 年，即宋末元初，是第四个温暖期，但这次不如隋唐时那样温暖，表现在大象生存的北方极限，逐渐由淮河流域移到长江流域以南，退到广东、云南等地。

第四寒冷期：公元 1300 年以后，即明清时代，是第四个寒冷期，温度比现代低 1-2℃^[29]。

杰拉尔德·邦德通过分析大西洋底的沉积层，发现地球的寒冷期和温暖期出现有规律的波动，波动周期大约为 1500~1800 年^[21, 22]。

许靖华划分的小冰期周期：

现代气候最适期 A：公元 1820 年后

小冰期 B：公元 1280-1820 年

小气候最适期 C（中古）：公元 600-1280 年

小冰期 D（公元初期）：公元前 60-公元 600 年（强潮汐在公元前 53 年）

小气候最适期 E（希腊罗马时代）：公元前 700-60 年

小冰期 F（荷马时代）：公元前 1275-700 年

小气候最适期 G（上朝）：公元前 1800-1250 年

小冰期 H（文明衰落）：公元前 2200-1800 年

小气候最适期 I（新石器时代晚期）：公元前 2900-2200 年

小冰期 J（雪中人时期）：公元前 3400-2900 年^[30]

3.4 200 年太阳黑子超长极小期

英国研究人员证实，太阳黑子周期活动规律性影响地球气候。在太阳黑子非活跃时期，北美和欧洲部分地区常遭遇极端天气。研究结果 2011 年 10 月 10 日刊登于英国《自然—地球科学》杂志。研究人员借助卫星数据，更为准确地测得地球上空太阳紫外线变化情况，发现数据波动超过先前预计。在他们所分析的 2008 年至 2010 年数据中，太阳黑子处于活动谷年。同一时期，美国与欧洲部分地区遭遇严冬。借助复杂计算机模型，研究人员模拟到长期气候状况，证实太阳黑子活动谷年，异常冷空气在赤道大气上空形成，造成大气热量重新分配和大气环流变化，令欧洲北部和美国遭遇异常低温和暴风雪，加拿大和地中海地区气候则变得更为温和。进入活动峰年，情况则相反^[31]。

太阳黑子极小期的平均周期为 11 年，太阳黑子延长极小期的平均周期为 179-200 年。近 20 年的研究发现，潮汐极大期、太阳黑子延长极小期和全球低温有很好的对应关系。6 次时间的一一对应表明其相关性和处于同一激发机制。太阳黑子延长极小期和潮汐极大期都能使气候变冷^[5]，

美国科研人员预测，太阳将进入不寻常且时间较长的“超级安静模式”，大约从 2020 年开始，太阳黑子活动或许会消失几年甚至几十年。这些科研人员在美国天文学会太阳物理学分会年会上发表 3 份研究报告说，人们熟悉的太阳黑子活动或许将进入“冬眠”，这种情况自 17 世纪以来从未出现^[32]。

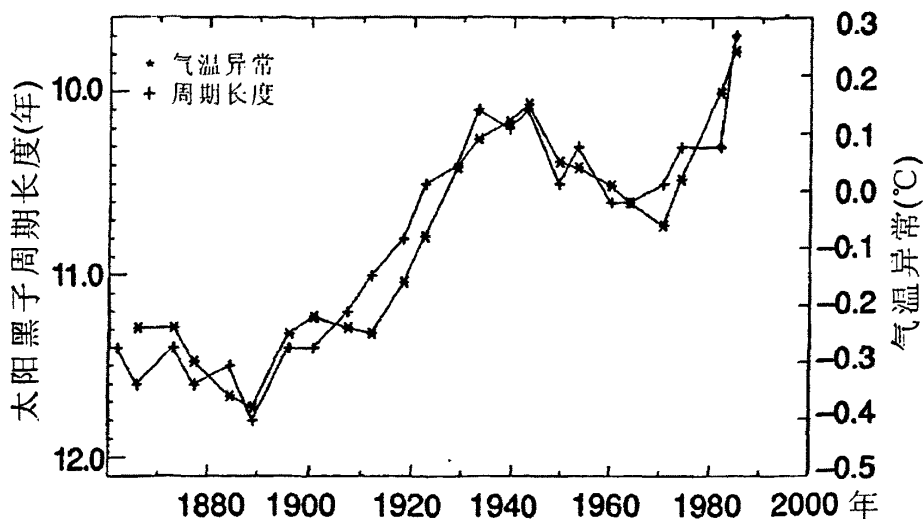


图2 1861至1989年北半球气温变化曲线和太阳黑子周期的长度变化曲线^[33]

不仅太阳黑子周期延长极小期显示与地球低温有关联^[5]，国内外相关研究表明，太阳黑子周期长度的变化与地球冷暖变化也具有相关性。图1用太阳黑子周期长度同地球温度做比较，地球的增温和降温与太阳黑子周期长度变化是相当吻合的，当黑子周期变短，地球增温，当黑子周期变长，地球降温，太阳黑子周期长度的变化与地球冷暖变化有很好的相关性。太阳黑子延长极小期会带来寒冷，常规的太阳黑子周期的长度变化也能带来地球气温变化^[33]。

值得注意的是，1890-1924年和1947-1976年拉马德雷冷位相时期与太阳黑子周期长度谷值相对应，1925-1946年和1977-1999年拉马德雷暖位相时期与太阳黑子周期长度峰值相对应。除潮汐变化外，太阳活动可能是拉马德雷现象的形成原因之一^[5]。潮汐极大期、太阳黑子延长极小期、太阳黑子周期长度极长期、拉马德雷冷位相和冷气候有很好的对应关系。

表1 太阳黑子延长极小期、冷气候和坏天时代的对应关系^[34]

事件	时间	时间	时间	时间	时间	时间(年)
变暖年	960-1000	1150-1250	1360-1480	1520-1600	1720-1790	1880-
好天时代	965-1010	1110-1165	1360-1420	1525-1600	1725-1790	1915-1996
变冷年	1000-1150	1250-1360	1480-1520	1600-1720	1790-1880	1996-
坏天时代	1010-1110	1165-1360	1420-1525	1600-1725	1790-1915	
极小期	1040-1080	1280-1350	1450-1550	1645-1715	1790-1820	

注：最后一栏是作者添加的。

汤懋苍等人指出，依据太阳黑子周期长度(SCL)资料，将过去2500年分为“好天时代”(SCL<11年)和“坏天时代”(SCL>11年)，发现在“坏天时代”中国旱灾频率显著高于“好天时代”。“好(坏)天世纪”与气候暖(冷)期有好的对应；并提出了太阳活动影响气候的过程链。他们在1470-1975年划出100个“旱年”，其中74个出现在坏天时代，只有26个出现在好天时代，坏天时代的旱年频数比好天时代几乎要多2倍。太阳黑子延长极小期、冷气候和SCL长(即坏天时代)的对应关系见表1^[34]。这表明，SCL长，太阳活动弱，全球气温降低，太阳黑子延长极小期和SCL长(坏天时代)一一对应。从公元850年起，我们可以

确定的太阳黑子延长极小期就有 5 次之多，它们与潮汐最大值对应，与低温和小冰期对应。

表 2 太阳黑子和潮汐的对应关系^[5]

太阳黑子极小期	时间（年）	潮汐极大年时间	时间差	全球气温
欧特极小期	1040-1080	1062	超前 22a	低温
沃尔夫极小期	1280-1350	1264	滞后 16a	低温
史玻勒极小期	1450-1550	1425	滞后 25a	小冰期
蒙德极小期	1645-1715	1629	滞后 16a	小冰期
道尔顿极小期	1790-1820	1770	滞后 20a	低温
21 世纪极小期	2007-??	1974	滞后 33a	低温?

3.5 60 年拉马德雷周期

近十年来研究发现，厄尔尼诺（El Nino）和拉尼娜（La Nina）的发生与更大时间尺度的“太平洋十年涛动”（Pacific Decadal Oscillation，缩写为 PDO）密切相关。PDO 是近年来揭示的一种年代际时间尺度上的气候变率强信号，它是叠加在长期气候趋势变化上的一种扰动，直接造成太平洋及其周边地区气候的年代际变化，影响厄尔尼诺事件和拉尼娜事件的频率和强度。1976-1977 年北太平洋出现了一次显著的气候年代际突变现象，直到上世纪八十年代末，人们才开始对引起这种现象原因予以关注^[5]。

“拉马德雷”（Lamadre）是一种高空气压流，在气象学和海洋学上被称为“太平洋十年涛动”（PDO），其“暖位相”和“冷位相”两种形式分别交替在太平洋上空出现，每种现象持续近 20-30 年。近一个世纪以来，Lamadre 已经出现了两个完整的周期。第一周期的“冷位相”发生在 1890 年—1924 年，而“暖位相”发生在 1925 年—1945 年；第二周期的“冷位相”发生在 1946 年—1976 年，而“暖位相”发生在 1977 年—1999 年。2000 年进入第三周期的“冷位相”。在 PDO 的暖位相时期，El Nino 事件发生的频率较高，强度较强；反之，在 PDO 的冷位相时期，La Nina 事件发生的频率较高，强度较强^[5]。Lamadre 是西班牙语“母亲”的意思，即她是 El Nino 和 La Nina 的母亲。

孙林海和赵振国在 2003 年指出，在未来的 5 到 10 年间，受海温、副热带高压、厄尔尼诺现象和拉尼娜现象等气候因素的共同影响下，我国气候将发生周期性的转折。从一个 30 年的“暖周期”进入另一个 30 年的冷周期，这主要表现在冬季温度的逐渐下降，而我国持续“暖冬”现象也可能得到转变^[35]。任振球和韩延本也提供了相关证据^[15-16]。

在 2009 年 3 月，凯尔·斯旺森和安纳斯塔西奥斯·托尼斯就指出，在 21 世纪气温总体上升趋势中，会交替出现阶段性的 30 年变暖和 30 年变冷。全球气候在 2001 年至 2002 年间就已经进入了这样一个阶段^[36]。丹·伊斯特布鲁克教授认为，“太平洋十年涛动”周期是影响全球气候冷暖的决定性因素。这是一种冷暖交替的周期，在 30 年的暖周期后，现在它已经开始变冷了。地球在 1945 年至 1977 年的变冷就与太平洋上一次的冷周期时间一致^[37-39]。

4 小冰期周期与经济的关系

气候变冷导致饥荒和民族大迁移的观点早在 1998 年由外籍华人学者许靖华提出。许靖华根据历史上的全球气候变化周期中人类社会发展的历程，证明全球小气候最适期人类社会繁荣发展而全球小冰期导致农业减产，饥荒和民族大迁移。他认为，全球气候变化有 1200 年的周期循环，与人类历史兴衰一一对应。古气候研究表明，近 4000 年以来发生 4 个全球气候变冷时期，即在公元前 2000 年、公元前 800 年、公元 400 年及公元 1600 年左右的几个世纪——这种准周期性与太阳活动周期性变化有关。全球温度变化影响了地区降水形式：在气候变冷期，欧洲北部变得更潮湿，而中低纬度地区变得更干旱。这两种变化形式都不利于农业生产。历史记载表明，历史上民族大迁移是由于庄稼歉收和面积饥荒，而不是逃离战争，公元 2 和 3 世纪的日耳曼部落的大迁移就是一个例子^[30]。

从公元 850 年起，太阳黑子延长极小期已发生 5 次，它们与潮汐最大值和气候变冷对应，与中国历史朝代更迭对应。

表 3 太阳黑子延长极小期、潮汐极大值年、坏天时代和中国历史朝代的更迭

极小期	时间	中国朝代	时间	气候变化	坏天时代	潮汐极大值年
奥特	1040-1080	西夏	1038-1227	变冷	1010-1110	1062
		金	1115-1234	变暖		
沃尔夫	1280-1350	元	1279-1368	变冷	1165-1360	1264
		明	1368-	变暖		
史玻勒	1450-1550		-1644	变冷	1420-1525	1425
蒙德	1645-1715	清	1644-	变冷	1600-1725	1629
道尔顿	1790-1820		-1911	变冷	1790-1915	1770
21 世纪	2007- ?			变冷?	1996- ?	1974

5 拉马德雷冷位相灾害链

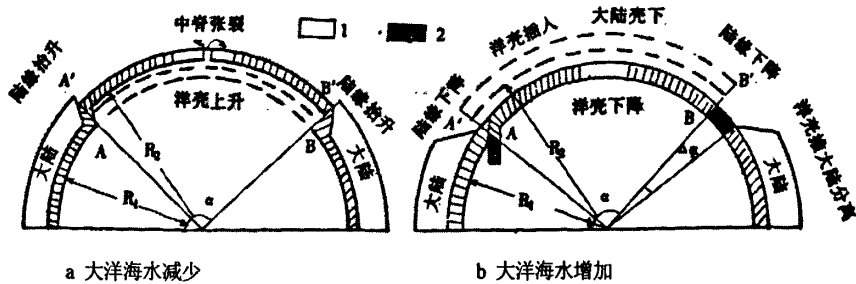
在拉马德雷冷位相时期，强震、飓风、严重低温冻害、严重旱涝灾害和全球流感伴随拉尼娜事件和厄尔尼诺事件接连有序发生，我们称之为拉马德雷冷位相灾害链。

2000 年进入拉马德雷冷位相，全球灾害强度不断增大。我国 2002 年灾害造成的损失为 670 亿人民币；2003 年我国自然灾害重于常年，全年因各种灾害造成的直接经济损失达 1886 亿元。2004 年我国因各种自然灾害造成人员死亡 2250 人，因灾直接经济损失 1602.3 亿元。2005 年中国自然灾害比较严重，各类自然灾害造成 2475 人死亡，导致直接经济损失 2042.1 亿元。2006 年全国因灾死亡 3186 人，直接损失 2528 亿元。2008 年的灾害最为严重，各类自然灾害造成直接经济损失 11752 亿元，比上年增加 4.0 倍。其中，四川汶川地震造成直接经济损失 8451 亿元。全国因地震和生产安全事故死亡约 16 万人。2011 年，我国各类自然灾害造成直接经济损失 3096.4 亿元。

据联合国提供的数字，2008 年全球有 23.6 万人在 300 多起自然灾害中丧生，这一数字在过去十年中仅次于 2004 年印度洋海啸所造成的死亡人数。其中纳尔吉斯飓风在缅甸造成了 13.8 万人的死亡，中国四川汶川大地震造成 8.7 万人死亡，这两场灾害的死亡人数就占全年因灾总死亡人数的 93%。2008 年全球受灾人口有 2.13 亿，其中中国冰冻灾害受灾人口 7700 万人，四川地震受灾 4600 万人。2008 年全球自然灾害造成的损失是 1810 亿美元，其中中国四川地震造成的损失 850 亿美元，就占了约一半。居第二位的是艾克飓风在美国造成的 315 亿美元损失。中国南方冰冻灾害造成了 210 亿美元损失居第三位。这些数据表明，中国是多灾且因灾遭受损失最严重的国家。2009 年全球甲型 H1N1 流感大流行，世界卫生组织 40 年来第一次把传染病警戒级别升至最高级别六级。2011 年全球发生重大自然灾害 302 起，2.06 亿人受灾，至少近 3 万人丧生，造成 3660 亿美元经济损失。2010 年，这一数字为 1090 亿美元。

5.1 2000-2030 年是全球强震爆发时期

1889 年以来，全球大于等于 8.5 级的地震共 21 次。在 1889-1924 年 PDO“冷位相”发生 6（1900 年以来国外数据：2）次，在 1925-1945 年 PDO“暖位相”发生 1（1）次，在 1946-1977 年 PDO“冷位相”及其边界发生 11(7)次，在 1978-2003 年 PDO“暖位相”发生 0 次，在 2004-2011 年 PDO“冷位相”已发生 5 次。规律表明，PDO 冷位相时期是全球强震的集中爆发时期。2000 年进入了 PDO 冷位相时期，2000-2030 年是全球强震爆发时期，9 级特大地震发生在前 17 年。



1-新洋壳, 计算时因忽略了与陆壳连接部分, 因而计算值比实际值小;

2-旧洋壳, 插入大陆壳下或推动大陆分离部分。

图 3 海平面变化造成的垂直运动和水平运动

全球变暖导致冰川融化和海平面上升, 破坏了原有的地壳均衡, 导致失去冰盖的大陆上升和增加海水的大洋下沉, 由此引发的地壳均衡运动被称为冰川地壳均衡运动和水均衡运动, 从而激发地震火山活动大规模发生^[5]。

当全球变暖使海平面上升积累到一定高度时, 地壳均衡使洋壳下降收缩, 强烈的挤压导致环太平洋地震带 8.5 级以上强震频发, 形成拉马德雷冷位相; 当全球变冷两极冰盖增大使海平面下降到一定高度时, 地壳均衡使洋壳上升在大洋中脊处扩张, 这是强震在 PDO 暖位相较少, 甚至不发生的原因^[5]。

5.2 2000-2030 年是全球低温冻害频发时期

在拉马德雷冷位相时期, 1957、1969、1972、1976 年的厄尔尼诺事件引发中国东北严重低温冻害; 1955、1964、2008、2010、2011 年的拉尼娜事件和 1957、1969、1972、1977 年的厄尔尼诺事件引发中国长江下游冬季连续冰冻天数超长。规律表明, PDO 冷位相时期是全球低温期。2000 年进入了 PDO 冷位相时期, 2000-2030 年是全球低温期。

2006 年发生了弱厄尔尼诺事件, 2009 年发生了强厄尔尼诺事件, 2010 年发生了强拉尼娜事件, 2011 年发生了弱拉尼娜事件, 与寒流频发对应。拉马德雷冷位相时期拉尼娜和厄尔尼诺都导致低温冻害。

5.3 2000-2030 年是全球流感频发时期

世界范围内的流感大流行曾在 1918 年、1957 年、1968 年以及 2009 年造成大量伤亡。美国研究人员 2012 年 1 月在美《国家科学院学报》网络版上撰文指出, 流感大流行可能与拉尼娜现象有关。这一现象我们在 2006 年就已经发现。

我们在 2006 年和 2007 年相继指出流感爆发的 6 大统计特征: 处于拉马德雷冷位相时期及其边界; 前一年或前两年为中等强度以上的拉尼娜年; 20 世纪 50-70 年代同时为中国强沙尘暴年; 前后一年或当年为中国东北地区冷夏年(20 世纪 50-70 年代同时为严重低温冷害年); 当年为中等强度以上的厄尔尼诺年; 当年为太阳黑子谷年 m 或峰年 M, m-1 年, m+1 年或 M+1 年。1889-1890 年、1900 年、1918-1919 年、1957-1958 年、1968-1969 年、1977 年和 2009 年的流感爆发都满足这 6 大条件^[40]。

5.4 拉马德雷现象与世界经济发展长波的对应性

拉马德雷的“冷位相”为 1890-1924 年、1947-1976 年, “暖位相”为 1925-1946 年、1977-1999 年。第三次世界经济长波上升期出现在 1890 至 1913 年, 第四次世界经济长波的上升期发生在 1945 至 1973 年, 第五次世界经济长波应起始于 20 世纪 90 年代末, 也就是说 21 世纪头 20 年是第五次世界经济长波的上升期^[41, 42]。对比可知, 世界经济长波的上升期对应拉马德雷的“冷位相”, 世界经济长波的下降期对应拉马德雷的“暖位相”。由于 1914 年爆发了第一次世界大战, 使第三次世界经济长波上升期提前 10 年结束。这一一对应的变化, 明确反映了全球气候变化对世界经济的重要影响。

战争是对世界经济发展的人为调整, 它提前于自然调整, 突出了社会发展与自然发展的区别。在现代经济结构中, 不仅农牧业受自然灾害的影响, 渔业、旅游业、交通运输业、电力、通讯、航空、航海、保险、生态、环境、资源等等, 都会在自然灾害中遭受巨大损失, 从而影响世界经济的发展。

第三次世界经济长波上升期出现在 1890 至 1913 年, 拉马德雷的“冷位相”为 1890-1924 年。1914 年爆发了第一次世界大战, 使第三次世界经济长波上升期提前结束。这表明, 自然规律和社会规律有一定的差别, 某些人为因素可能导致社会违背自然规律, 面临倒退和灾难。第三次世界经济长波下降期(1914-1942)长达近 30 年, 经历了两次世界大战。

5.5 灾害链预测

2012、2015、2018 年可能发生厄尔尼诺事件, 2013-2014、2016-2017 可能发生拉尼娜事件, 它们对应严重低温冻害。

2014-2016 年月亮赤纬角最小值年可能发生严重旱灾和气温偏高，与前者形成冷热突变。

2013 年和 2026 年太阳黑子峰年和 2022 年太阳黑子谷年可能爆发流感流行。

2014 年和 2018 年可能爆发 9 级以上特大地震，2012-2018 年 8.5 级以上大震频发。

表 4 最早发表在 2006 年^[40, 43]，? 表示预测。1900 年以来的地震资料取自国外金森博雄修订的数据，标在括号内。截止到 2011 年，8.5 级以上地震已发生 5 次，证实了该表预测的精度。2008 年的厄尔尼诺和流感暴发预测延迟在 2009 年发生，关键在于天文学家按太阳黑子 11 年周期，预测 2007 年为太阳黑子谷年，实际上，太阳黑子周期长度突然延长到 13.5 年，2009 年为谷年。这显示太阳活动异常减弱，将进入 200 年周期的低温期，强度弱于道尔顿极小期。2000-2030 年为拉马德雷冷位相时期，2007 年发生强拉尼娜事件和强沙尘暴，2008-2009 年发生严重低温冻害，2009 年发生强厄尔尼诺事件，满足流感爆发 6 大气候特征，2009 年世界流感爆发。

表 4 太平洋十年涛动 (PDO)、低温、飓风、全球性流感、太阳黑子、厄尔尼诺、拉尼娜等对比

时 期	1890-1924 年	1925-1946 年	1947-1976 年	1977-1999 年	2000-2030?
拉马德雷 PDO	冷位相	暖位相	冷位相	暖位相	冷位相
全球气温	低温	增暖	低温	增暖	低温?
流 感 爆 发 的 相 关 年	中等强度 以上的拉 尼娜年	1886-1887 1898-1899 1916-1917	1954-1956 1967-1968 1975-1976		2007? 2013-2014? 2016-2017?
	中国沙尘 暴高峰期		1954-1956 1964-1968 1975-1976		2007? 2013-2014? 2016-2017?
	中等强度 以上的厄 尔尼诺年 和流感年	(1888)-1889 1899-1900 1918-1919	1957-1958 1968-1969 (1976)-1977		2008? 2011? 2015? 2018?
	太阳黑子	1889 谷年 1901 谷年 1917 峰年	1957 峰年 1968 峰年 1976 谷年		2007 谷年? 2011 峰年? 2018 谷年?
	东北冷夏 年 ° 和低温 冷害年*	1888° 1902° 1918°	1957°* 1969°* 1976°*		2008? 2011? 2015?2018?
时 期	1890-1913 年	1914-1944 年	1945-1973 年	1974-1995 年	1996-2020 年
世界经济长波	第三上升期	第三下降期	第四上升期	第四下降期	第五上升期
时 期			1956-1970 年	1985~1999 年	2000-2006
中国沙尘暴			频繁年代	稀少年代	增多
时 期	1889-1924 年	1925-1945 年	1946-1977 年	1978-2003 年	2004-2005 年
8.5 级以上地震	6(2)次	1(1)次	11(7)次	0(0)次	2(2)次
时 期		1926 年-1970 年	1970 年-1994 年	1995 年-2020 年?	
飓 风		高活动期	低活动期	高活动期	
中国 气温	时期	1903-1918 年	1919-1953 年	1954-1986 年	1987-2003 年
	冷暖	低温期	高温期	低温期	高温期
登陆中国台风每 年超过 10 次	1893-1898 年内 有 3 年	1899-1951 年内 没有	1952-1981 年 内有 9 年	无资料	(引自李明 志等人) (引自张家 诚等人)

6 气候变化和经济发展的关系

6.1 冷暖气候对经济发展影响的反向转变

气候变化的历史是一个冷暖不断交替变化的过程，而在这一变化过程中，我们得到两种完全不同的对应经济发展模式：

其一、许靖华根据历史上的全球气候变化周期中人类社会发展的历程，证明全球小气候最适期人类社会繁荣发展而全球小冰期导致农业减产，饥荒和民族大迁移。他认为，全球气候变化有 1200 年的周期循环，与人类历史兴衰一一对应。即变暖时期对应人类社会繁荣，变冷时期对应农业减产，饥荒和民族大迁移。

其二、自 1890 年以来，世界经济长波的上升期对应拉马德雷的“冷位相”，世界经济长波的下降期对应拉马德雷的“暖位相”。即变冷时期对应人类社会经济上升，变暖时期对应经济下降。

这截然相反的——对应关系，明确反映了全球气候变化对世界经济的重要影响。在公元前 3000 年至公元 1890 年以前，全球气温较低，人类社会生产水平不高，特别是连续发生 4 次小冰期气候，低温冻害成为农业发展的阻力，因此，变暖时期对应人类社会繁荣，变冷时期对应农业减产，饥荒和民族大迁移。1890 年以后，伴随工业革命和气候迅速变暖，社会生产力极大提高，人类抵御农业灾害的能力增强，气温上升成为社会经济阻力。因此，变冷时期对应人类社会经济上升，变暖时期对应经济下降。

根据 1914 年第一次世界大战提前结束第三次世界经济长波上升期的教训和 1991 年苏联解体避免了第四次世界经济长波下降期发生世界大战的经历，下一次世界大战又有提前结束第五次世界经济长波上升期的风险。冷暖气候对经济发展影响的反向转变，与人类社会生产力的发展和现代经济规律有关，也与气候变化的趋势相关。

6.2 灾害链是自然规律，人类无法控制

我在 2004 年指出，正当全球变暖的证据铺天盖地而来之际，地球变冷的信息悄然而至。透过表面现象看本质，地球气候变化的动力机制已发生重大的变化，预示一场类似 20 世纪 50-70 年代的变冷过程正在到来。

温室效应不是全球变暖的唯一因素，太阳辐射增强、潮汐强度减弱、地磁场减弱、臭氧洞扩大、地震火山活动减弱、1960-2000 年日地距离的减少，都是 1980 年以来全球迅速变暖的原因。目前处于 1800 年潮汐周期的变暖高峰，全球变暖的大趋势依然存在。

但是，目前又处于 200 年周期和 60 年周期的变冷初期，表现为潮汐强度增强、太阳活动减弱、地震火山活动增强、臭氧洞变小、墨西哥暖流减弱。

强震与全球气候变化关系的地球物理解释是：全球变暖导致的海平面上升，破坏了地壳的重力均衡，引起加载的海洋地壳均衡下沉，由此而引发的深海强震和海啸又将迫使深海冷水上翻到海洋表面，从而将会引发全球变冷。这就是大自然的自调节作用^[5]。由此导致拉马德雷冷位相灾害链的发生，人类无法控制。

6.3 灾害促进经济发展

2005 年卡特里娜飓风袭击美国南部多个城市，造成重大人身伤亡和财物损失。然而，有两位经济学家，在 CNN 财经频道谈论飓风如何“刺激经济发展”，其中一位甚至认为，飓风将变为“天赐”的工程。据 CNN 8 月 31 日报道，J. P. Morgan 的高级经济学家 Anthony Chan 相信，长期而言，飓风将刺激整体经济发展，因为受灾城市需要大量的清理和重建工作，这意味着未来 12 个月内，将产生大量的职位空缺，而这对经济有利。这看似有悖常识的观点却得到多项研究的证实。我们早在 2004 年就提出全球气候变化与世界经济对应有观点，并得到越来越多新证据的支持。

英国著名经济学家凯恩斯（J.M.Keynes）在其传世名作《就业、利息和货币通论》中确然指出，灾害可以增加国民财富，如果政治家因为受经典学派经济学之熏染太深，想不出更好办法，则建造金字塔，甚至地震、战事等天灾人祸，都可以增加财富。

新古典综合学派的理论认为，灾害只是在“想不出更好办法”或没有采取更好办法时促进经济增长的权宜之计。然而，理性预期学派的出现，使灾害比政府政策更加有效这一说法又有了新的依据。理性预

期学派的主要结论是,只有意外事件才能改变产出水平,一切意料之中的事件都不会改变经济运行结果。由于多数灾害的发生不可能被事先准确预期到,纯属意外事件。根据理性预期的理论,只有这种意外发生的灾害才可以在短期内供给曲线不变的情况下改变经济的运行。因此,当经济处于非充分就业的均衡状态时,灾害的发生将通过刺激需求和物价,使供给增加,短期内有助于提高国民总产出,而政府政策是无效的^[44]。

另据结构主义的观点,任何宏观统计量的变化在结构上总是有不同的反映。即,在灾害发生、需求受到刺激、使供给增加的模式下,对不同的经济部门会有不同的效果。对于灾害发生前属于经济发展瓶颈或产品供不应求的产业部门,灾害的发生将使供求比例更加失调,过于旺盛的需求只能靠价格上涨来抑制,从而引起通货膨胀的压力。而对于灾害发生前属生产能力过剩的经济部门在灾害发生后,由于受到需求拉动,多余的生产能力被利用起来,带动了就业,并生产出更多的国民产品。经济系统在灾害发生后的整体效果是这两方面影响的综合^[44]。

世界经济长波的上升期对应拉马德雷的“冷位相”,世界经济长波的下降期对应拉马德雷的“暖位相”。这是上述结论的一个宏观证据。拉马德雷冷位相“灾害链”促进了经济发展,但战争与世界经济长波下降期对应,阻碍了社会经济发展。

6.4 人类活动可以加大灾害发生的频率和强度

冷暖气候对经济发展影响的反向转变可能预示一个哲学命题:过冷和过暖都会给人类造成伤害。公元前 3000 年至 1890 年,全球处于 4 次小冰期频发时期,过低的气温使气候变冷成为人类面临的最大灾难,而低下的生产力水平使人类无法抵御低温冻害对农业的打击。1890 年以后,全球气候开始变暖,并在 400 年后达到最高值,人类社会逐渐步入气候最适宜时期,进而进入高温时期。过高的气温可能成为人类社会经济发展的障碍。

人类活动排放过多的温室气体,导致气温过快上升,海平面过高的上升,由此可加大地震火山活动的强度,导致灾害链更频繁更剧烈的发生。

6.5 低碳经济的积极意义和局限性

人们可能对 70 年代初出现过的气候“变冷说”记忆犹新。1971 年丹斯加德(Dansgaard)等人发表的格陵兰冰芯氧同位素谱分析成果表明,地球气候有 10 万年轨道周期变化,其中 9 万年为冷期,1 万年为暖期。按此规律,目前气候的暖期已接近尾声,气候“变冷说”一度成为主流^[45]。日本气象厅朝仓正在 1973 年 3 月 3 日《东洋经济周刊》撰文预言,地球将于 21 世纪进入“第四小冰期”。美国威斯康辛大学环境研究所布赖森(Bryson)认为,地球目前正在非常缓慢地进入另一个大冰河期。20 世纪 70 年代,一批欧美的著名学者曾聚会于美国布朗大学,专门召开了一次“当前的间冰期何时结束和如何结束”的研讨会。学者们举出实例证明,目前的地球气温已经在开始下降,从暖到冷的变化很快,可以不足 500 年,如果人类不加以干涉,当前的暖期将会较快结束,可以预期不出几千年,也许只有几百年,全球变冷以及相应的环境变迁就会来临。出于对所面临威胁的忧虑,会议的两位发起者甚至还向当时的美国总统尼克松写信发出警报。这种“冰期将临”的观点一直持续了 20 年。直到了 20 世纪 90 年代,温室效应与全球气候变暖才成为国际社会的热点^[8]。

但是 20 世纪 70 年代中期以来,气温不但没有继续下降,反而出现了回升,这个事实促成了关于人工温室效应研究的发展。1977 年 Kellogg 的气候模型预告:在气候自然变化的背景下,由于人类对大气的污染,到 2050 年,全球平均气温大于要增高 4 摄氏度,有人称之为“超间冰期”。在美国,由能源部牵头,引导和支持一些大学、国家实验室、工业界和其他系统的研究机构开展有关二氧化碳问题的研究。美国国家科学院先后组织了两个专门小组进行研究,他们估计,二氧化碳倍增将使地球平均温度至少上升 1.5 摄氏度,但不超过 4.5 摄氏度。从此,全球变暖成为气象科学界的主流。

相似的历史总是不断的重演。与 2000 年中国连续 18 年的暖冬相对比,2000 年以后低温事件和冷冬开始频繁发生,表明一个类似的气候转折正在发生。不同的是,这次转折的强度明显地小于道尔顿极小期,即与小冰期气候相距甚远(大约在 3107 年潮汐最大值附近),200 年和 60 年冷周期在 1800 年暖周期的背景下会呈现幅度不大的震荡,略高于 20 十几世纪 60-70 年代的低温震荡幅度,持续 40-70 年左右。

全联合国秘书长加利说过,现在战争是为了石油,未来战争是为了淡水。从能源、资源、环境和全

球变暖大趋势来考虑, 低碳经济是人类最理智的选择。但是, 全球变暖造成的危害和速度被严重高估, 一个明显的例子是, 在距今 0.65~2.3 亿年前的中生代, 大气温度比现在高 18℃左右; 海平面比现在约高 150 米; 大气中 CO₂ 的含量十倍于现在; 茂密的热带雨林和巨形的恐龙就生活在这一长达 3 亿年的时期, 并伴随全球变冷而消亡。气温上升 3-5℃, 温室气体浓度翻倍, 为什么就变成人类灾难了? 地球不是恒温器, 历史记录表明, 比照现代温度, 其变化幅度在-10~18℃之间。人类不能控制气候变化, 只能适应气候变化, 尽可能降低人为作用对气候变化的不利影响。

参考文献

1. 冯兰茜, 程绩. 严寒席卷北半球 气象专家激辩“小冰河期来临”. 2012 年 02 月 06 日 13:26 来源: 新闻晚报. http://news.ifeng.com/world/detail_2012_02/06/12322423_0.shtml
2. 张培群: 异常冷冬未改气候变暖趋势 每十年上升 0.2 度. 2012 年 02 月 07 日 10:55:14 来源: 新华网. http://news.xinhuanet.com/society/2012-02/07/c_122666499.htm
3. 中国气象局专家: 全球变暖趋势未逆转 寒冷天气被夸大. 2012 年 02 月 08 日 03:40 来源: 人民日报. http://news.ifeng.com/world/detail_2012_02/08/12359201_0.shtml
4. 马宗晋, 杜品仁. 现今地壳运动问题. 北京: 地质出版社, 1995. 10, 99~102
5. 杨冬红, 杨德彬, 杨学祥. 地震和潮汐对气候波动变化的影响[J]. 地球物理学报, 2011, 54 (4): 926-934.
6. J. A. 雅各布斯. 地磁场倒转. 北京: 科学出版社, 1989. 215
7. 汪品先, 葛知晋. 寻求高分辨率的古环境记录. 第四纪研究. 1999, (1): 1~17
8. 洪业汤, 姜洪波, 洪冰, 等. 近六千年地表温度和太阳变化的高分辨率记录对比研究. 中国学术期刊文摘 (科技快报). 1999, 5 (12): 1521~1522
9. 张振克, 王苏民, 吴瑞金. 小冰期气候变化的影响因素及其对未来气候的启示. 自然杂志. 2000, 22 (3): 173~176
10. 杨学祥, 陈震, 刘淑琴. 地球内核快速旋转的发现与全球变化的轨道效应. 地学前缘. 1997, 4 (2): 187~193
11. 杨学祥. 太阳活动驱动气候变化的证据. 中国学术期刊文摘 (科技快报). 2000, 6 (5): 615~617
12. Gabriello Walker. Does spacedust make the Earth blow hot and cold? New Scientist. 1995, 148: 22
13. Eddy J. A., Gilliland R. L., Hoyt D. V. Changes in the solar constant and climate effects. Nature. 1982, 300: 689
14. 周尚哲. 冰期天文理论研究中的几个问题. 冰川冻土. 1994, 16(1): 85~92
15. 任振球. 当代气候变暖若干问题商榷. 见: 丁一汇主编, 中国的气候变化与气候影响研究. 北京: 气象出版社. 1997. 43-48.
16. 韩延本, 韩永刚, 马利华等. 全球温度异常及地球自转变化中的约 60 年周期. 见: 中国地球物理 2003. 中国地球物理学会编. 南京: 南京师范大学出版社, 2003. 362
17. 杨学祥. 全球变暖、构造运动与沙漠化. 地壳形变与地震. 2001, 21 (1): 15~23
18. 杨学祥, 陈殿友. 构造形变、气象灾害与地球轨道的关系. 地壳形变与地震, 2000, 20 (3): 39~48
19. Channell J E T, Hodell D A, McManus J, et al. Orbital modulation of the Earth's magnetic field intensity[J]. Nature, 1998, 394: 464-468.
20. 郭增建. 海洋中和海洋边缘的巨震是调节气候的恒温器之一. 西北地震学报, 2002, 24(3): 287
21. Bond G Broecker W, Johnsen S, et al. Correlations between climate record from North Atlantic sediments and Greenland ice. Nature, 1993, 365: 143~147
22. Bond G Showers W, Cheseby M, et al. A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates. Science, 1997, 278: 1257~1266
23. Keeling C D, Whorf T P. The 1800-year oceanic tidal cycle: A possible cause of rapid climate change. PNAS, 2000, 97(8): 3814~3819
24. 杨学祥, 陈殿友. 地核的动力作用. 地球物理学进展. 1996, 11(1): 68-74.
25. Song X D, Richards P G. Seismological evidence for differential rotation of the Earth's inner core [J]. Nature, 1966, 382: 221-224.
26. 杨冬红, 杨学祥. 灾害频发和地磁减弱的关系. 世界地质, 2011, 30(3): 474~480
27. 叶淑华. 人类对地球的新认识. 科学, 1999, 51 (1): 25-29
28. 丁惠萍, 张社奇, 冯秀绒. 太阳辐射与温室效应. 物理. 2003, 32 (2): 94-97

29. 竺可桢.中国近五千年来气候变迁的初步研究.考古学报,1972,2(1):15-38
30. 许靖华.太阳、气候、饥荒与民族大迁移.中国科学(D辑),1998,28(4):366-384.
31. Sarah Ineson, Adam A. Scaife, Jeff R. Knight, et al. Solar forcing of winter climate variability in the Northern Hemisphere. *Nature Geoscience*. <http://www.nature.com/ngeo/journal/vaop/ncurrent/full/ngeo1282.html>
32. Richard A. Kerr. End of the Sunspot Cycle? 2011-6-14, Follow ScienceNOW on Facebook and Twitter. <http://news.sciencemag.org/sciencenow/2011/06/end-of-the-sunspot-cycle.html>
33. E. Friis-Christensen, K. Lassen. An Indicator of Solar Activity Closely Associated with Climate. *Science*, 1991, 254(5032): 698-700.
34. 汤懋苍,柳艳香,郭维栋. 天时、气候与中国历史(I):太阳黑子周长与中国气候.高原气象. 2001, 20(4): 368-373.
35. 孙林海, 赵振国. 我国暖冬气候及其成因分析. 气象. 2004 30(12): 57-60
36. Swanson, K. L., and A. A. Tsonis. Has the climate recently shifted? *Geophys. Res. Lett.*, 2009, 36: 6711
37. Easterbrook, D.J., The next 25 years: global warming or global cooling? *Geologic and oceanographic evidence for cyclical climatic oscillations: Geological Society of America, Abstracts with Program*, 2001, 33: 253.
38. Easterbrook, D.J., 2008, Correlation of climatic and solar variations over the past 500 years and predicting global climate changes from recurring climate cycles: *International Geological Congress, Oslo, Norway*.
39. Easterbrook, Don J. Glacier fluctuations, global climate change, and ocean temperature changes, *International Conference on Climate Change NY*, 2009.
40. 杨冬红, 杨学祥. 流感世界大流行的气候特征. 沙漠与绿洲气象. 2007, 1(3): 1-8.
41. 向祖文. 康德拉季耶夫的长波理论评述. 当代世界社会主义问题. 2009, (2): 80-88
42. 湖北大学世界经济学科课题组(课题组成员:柳剑平、肖德、程崇祯、彭斯达、陈汉林、孙铭;执笔:肖光恩、周先平). 第五次世界经济长波与我国面临的战略机遇[EB/OL]. http://www.gmw.cn/content/2004-07/27/content_65180.htm
43. 杨冬红, 杨学祥, 刘财. 2004 年 12 月 26 日印尼地震海啸与全球低温. 地球物理学进展. 2006, 21(3): 1023-1027
44. 张显东. 灾害能否促进经济增长. 科学. 2001, 53(4): 50-53
45. Dansgaard, W., Johnsen, S.J., Clausen, H.B. & Langway, C.C., Climatic record revealed by the Camp Century ice core. in Turekian, K.K., ed., *The Late Cenozoic Glacial Ages.*, Yale Univ. Press, New Haven, 1971, 37-56