

进入 21 世纪的气候变化科学 ——气候变化的事实、影响与对策

秦大河

(中国气象局,局长、研究员、中国科学院院士 北京 100081)

[摘要] 近百年来,地球气候正经历一次以全球变暖为主要特征的显著变化,我国的气候变化趋势与全球气候变化的总趋势基本一致。近 50 年的气候变暖主要是人类使用化石燃料排放的大量二氧化碳等温室气体的增温效应造成的。现有的预测表明,未来 50~100 年全球和我国的气候将继续向变暖的方向发展。国际上,目前《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》正在就如何减缓这种气候变暖的趋势和控制温室气体排放进行谈判。本文依据 IPCC 第三次评估报告与国内外最新的研究成果,说明气候变化的事实与未来的可能变化,阐述冰冻圈对气候变化的响应,进而说明气候变化对生态系统和社会经济的影响,分析气候变化给我国带来的挑战和机遇并提出对策建议。

[关键词] 气候变化 冰冻圈 响应 影响 对策 [中图分类号] P4 P7

[文章编号] 1000-7857(2004)07-0004-04

CLIMATE CHANGE SCIENCES INTO THE 21st CENTURY: FACTS, IMPACT AND STRATEGIES ADDRESSING CLIMATE CHANGE

QIN Da-he

(China Meteorological Administration(CMA), Beijing 100081, China)

Abstract: The Earth's climate system has been experiencing a significant change characterized by global warming in the past century. The trend of climate change over China is approximately consistent with that of the globe. The climate warming in recent 50 years is mainly due to the enhanced green-house effects produced by green-house gases emission into the atmosphere as a result of fossil fuels burning. Current modeling projections indicate that the climate of China and the globe will continue to be warmer in the coming 50 to 100 years. At the present, the world is negotiating the Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change on how to mitigate the climate warming and control the emission of green house gases. Firstly, IPCC TAR and the state of the art scientific advances are referred to present the facts of climate change and future possible change. The responses of Cryosphere to climate change are summarized in the second section. The third section addresses the impact of climate change on ecosystem and socio-economy and the challenges and opportunities to China derived from climate change are analyzed in the fourth section, followed by the strategies addressing climate change.

Key Words: climate change, cryosphere, response, impact, strategy

1 气候变化的事实

1.1 全球气候正经历以变暖为主要特征的变化,近 50 年的气候变化很可能主要由人类活动造成

自工业化(1750 年)以来,大气中温室气体浓度明显增加。大气中二氧化碳的浓度目前已达到 379ppmv(百万分之一体积),这可能是过去 42 万年中的最高值。

从 1860 年有气象仪器观测纪录以来,全球平均温度升高了 0.6±0.2℃。最暖的 17 个年份均出现在 1983 年以后。20 世纪以来,1998 年最暖,2002 年和 2003 年分别为第二和第三暖年。20 世纪北半球温度的增幅可能是过去 1 000 年中最高的。降水分布也发生了变化。大陆地区尤其是中高纬地区降水增加,非洲等一些地区降水减少。有些地区极端天气气候事件(厄尔尼诺、干旱、洪涝、雷暴、冰雹、风暴、高温天气和沙尘暴等)出现的频率与强度增加。

1.2 近百年我国气候在变暖

近百年来,我国气温上升了 0.4~0.5℃,以冬季和西北、华北、东北最为明显。20 世纪末期我国已经连续经历了 14 个暖冬。进入 21 世纪,我国又连续 4 年出现暖冬。自 20 世纪 50 年代以后,我国降水逐渐减少,华北地区出现了暖干化趋势。

1.3 全球和我国气候将继续变暖,增暖的速率将比过去 100 年更快

国内外科学家使用 31 个复杂气候模式,对 6 种代表性温室气体排放情景下未来 100 年的全球气候变化进行了预测。结果有两点。(1)地球平均地表气温到 2100 年时将比 1990 年上升 1.4~5.8℃。这一增温值将是 20 世纪内增温值(0.6℃左右)的 2~10 倍,可能是近 10 000 年中增温速率最显著的。21 世纪,全球平均降水将会增加,北半球雪盖和海冰范围将进一步缩小;全球平均海面到 2100 年将比 1990 年上升 0.09~0.88m;一些极端事件(如高

温天气、强降水、热带气旋强风等)发生的频率会增加。(2)我国气候将继续变暖。到2020~2030年,全国平均气温将上升1.7℃;到2050年,全国平均气温将上升2.2℃;我国气候变暖的幅度将由南向北增加;不少地区将出现降水增加趋势,但华北和东北南部等一些地区将出现继续变干的趋势。

1.4 气候变化预测存在着不确定性

上述气候变化预测对于全球平均的变化趋势和温度预测的准确性较高,对于地区性和降水等要素的预测准确性较低,包含有相当大的不确定性。产生不确定性的原因主要有温室气体排放和大气中温室气体浓度变化估算不够准确,用于预测未来气候变化的气候模式系统不够完善,以及可用于气候研究和预测的气候系统资料不足。

2 冰冻圈对气候变化的响应

南极、北极和青藏高原的冰川变化也印证了全球变暖这一科学事实。

格陵兰冰盖表面消融区面积1979~2002年间平均增加了16%,1992年消融区面积最小。最近的模拟研究结果表明,如果格陵兰地区的年平均气温升高超过3℃,格陵兰冰盖很可能消失,并引起全球海平面升高7m。南、北极海冰范围从20世纪70年代末开始快速缩小,但南极海冰在20世纪90年代后呈微弱上升。

20世纪以来,世界各地冰川(帽)加速退缩。1960~2000年间全球冰川(帽)累计冰量减小了约5 000 km³。非洲乞里马扎罗山的冰川面积在1912~2000年间减少了81%。位于坦桑尼亚境内的Furtwangler冰川和北冰原,1976~2000年24年间面积减小一半,减小面积达60 000 m²。1959~2002年,天山乌鲁木齐河源1号冰川物质平衡变化过程表明,累计物质平衡显示冰面降低了近10m。

我国西北各山系冰川面积自"小冰期"以来减少了24.7%。到2050年,我国西部冰川面积将继续减少27.2%,冻土面积继续缩小。未来50年,青藏高原多年冻土空间分布格局将发生较大变化,80%~90%的岛状冻土会发生退化,季节融化深度亦会增加;表层冻土面积将减少10%~15%,冻土下界亦将明显抬升;亚稳定及稳定冻土温度将升高0.5℃~0.7℃。

3 气候变化对自然生态系统、社会经济系统和国家安全的影响

气候变化的影响是多尺度、全方位、多层次的,正面和负面影响并存,但它的负面影响更受关注。

3.1 气候变化对自然生态系统已造成并将继续产生明显影响

全球气候变暖对全球许多地区的自然生态系统已经产生了影响,如海平面升高、冰川退缩、冻土融化、河(湖)冰迟冻与早融、中高纬生长季节延长、动植物分布范围向极区和高海拔区延伸、某些动植物数量减少、一些植物开花期提前,等等。自然生态系统由于适应能力有限,容易受到严重的、甚至不可恢复的破坏。正面临这种危险的系统包括:冰川、珊瑚礁岛、红树林、热带林、极地和高山生态系统、草原湿地、残余天然草地和海岸带生态系统等。随着气候变化频率和幅度的增加,遭受破坏的自然生态系统在数目上会有所增加,其地理范围也将增加。

(1)气候变化已经并将继续改变植被的组成、结构及生物量,使森林分布格局发生变化、生物多样性减少,等等。目前,除云南

松和红松分布面积有所增加(约12%和3%)外,其它树种的面积均有所减少,减少幅度为2%~57%。

(2)气候变化是导致湖泊水位下降和面积萎缩的主要因子之一。我国西北各大湖泊,除天山西段赛里木湖外,水量平衡均处于入不敷出的负平衡状态。自20世纪50年代以来,湖泊均向萎缩方向发展,有的甚至干涸消亡。

(3)海平面升高将影响海岸带和海洋生态系统。近百年来,全球海平面平均上升了10~20cm。我国海平面近50年呈明显上升趋势,上升的平均速率为每年2.6mm。我国未来海平面还将继续上升,到2050年上升幅度为6~26cm,预计到21世纪末将达到30~70cm。这将使许多海岸区遭受洪水泛滥的机会增大,遭受风暴影响的程度和严重性亦会加大,尤其是在珠江三角洲、长江三角洲和渤海湾地区。

(4)一些极端天气气候事件可能增加。与全球变暖关系密切的一些极端事件的发生频率和强度可能会增加。由这些极端事件引起的后果也会加剧。如干旱发生频率和强度的增加,将加重草地土壤侵蚀,因而将增大荒漠化或沙漠化的趋势。

3.2 气候变化对国民经济的影响可能以负面为主

3.2.1 农业可能是对气候变化反应最为敏感的部门之一。我国是农业大国,气候变化将使我国未来农业生产面临以下3个突出问题。(1)农业生产的不稳定性增加,产量波动大。据估算,到2030年,我国种植业产量在总体上因全球变暖可能会减少5%~10%左右,其中小麦、水稻和玉米三大作物均将以减产为主。如果能够对不利影响及时采取应对措施的话,未来30~50年(2020~2050年)的气候变化还不会对全球乃至我国的粮食安全、重要基础设施和自然资源产生重大影响。(2)农业生产布局 and 结构将出现变动。气候变暖将使我国作物种植制度发生较大的变化。到2050年,气候变暖将使三熟制的北界北移500km之多,从长江流域移至黄河流域;而两熟制地区将北移到目前一熟制地区的中部,一熟制地区的面积将减少23.1%;华北目前推广的冬小麦品种(强冬性),将不得不被其它类型的冬小麦品种(如半冬性)所取代。(3)农业生产条件改变,农业成本和投资大幅度增加。气候变暖后,土壤有机质的微生物分解将加快,造成地力下降、施肥量增加;农药的施用量将增大,投入增加。

3.2.2 气候变暖将导致地表径流、旱涝灾害频率和一些地区的水质等发生变化,特别是水资源供需矛盾将更为突出。七大流域天然年径流量整体上呈减少趋势。其中,长江及其以南地区年径流量变幅较少;淮河及其以北地区变幅较大,以辽河流域变幅最大,黄河上游次之,松花江最小。另一方面,我国各流域年平均蒸发量将增大,其中黄河及内陆河地区的蒸发量将可能增大15%左右。随着径流减少、蒸发加大,水资源的不稳定性和供需矛盾将加大。

3.2.3 对气候变化敏感的传染性疾病如疟疾和登革热的传播范围可能增加,与高温热浪天气有关的疾病和死亡率将增加。

3.2.4 气候变化将影响人类居住环境。尤其是江河流域和海岸带低地地区以及迅速发展的城镇,其受气候变化的最普遍、最直接的威胁是洪涝和滑坡。人居环境目前所面临的水和能源短缺、垃圾处理和交通等环境问题,也可能因高温、多雨而加剧。

此外,气候变化对其它行业,如工业、旅游业、保险业等也会带来间接的影响。

3.3 气候变化对国家安全的潜在影响

国家安全是国家生存的保障,涉及到众多领域。随着经济、社会 and 科技的发展以及国际政治形势的需要,它的内涵也发生了很大的变化。传统的国家安全概念已从一般意义上的国防军事安

全,上升为更广泛的国土安全、粮食安全、环境安全、水资源安全和能源安全等。极端天气气候事件的防御、国家粮食和水资源安全、环境和能源安全、环境外交中的科技支撑等,都对气候变化的防范工作提出了新的、更高的要求。

21 世纪全球将继续显著变暖,伴随着大气环流的变化,极端天气气候事件的频繁发生以及气候突变发生的潜在可能性,将造成地球及其生态系统对人类社会承载能力的降低(如食物、水和能源供应的匮乏),进而对国家安全产生重大的影响,如边境管理问题、全球冲突以及经济衰退等。全球变暖将可能导致更多的生态难民。由于土地和水资源变得日益紧张,移民竞争不仅是地区间的,更是省际之间的竞争,甚至是国际间的竞争。

气候变化对经济安全产生了很大影响。1991~2000 年间,平均每年受到气候危害的人数为 2.11 亿,是因战争冲突受危害的 7 倍,造成全球财产损失达 500~1 000 亿美元/年;20 世纪 90 年代全球重大气象灾害比 20 世纪 50 年代高出 5 倍;预测 21 世纪全球财产损失将达到约 3 000 多亿美元(因为全球变暖和海平面上升等原因)。

联合国环境计划署(UNEP)的一份报告估计,2003 年因气候变化所导致的各种自然灾害使全世界至少损失 600 亿美元,比 2002 年的 550 亿增加了 10%。气候变化已经不是一种预测,而是实在的危险,且这种危险还在不断增长,给人类带来了痛苦和经济困难。有专家警告说,像 2003 年出现在欧洲的酷热夏天,到本世纪中叶可能会成为正常现象。2003 年的欧洲热浪估计导致了 2 万人死亡,仅农业上的损失就达 100 亿美元以上。

此外,气候变化,特别是气候突变,可能导致粮食、水资源和能源供应紧张,从而引发局部冲突、摩擦甚至战争。

4 全球气候变化给我国带来的挑战和机遇

全球气候变化问题,不仅是科学问题、环境问题,而且是能源问题、经济问题和政治问题。全球气候变化问题将给我国带来许多挑战、压力和机遇。

4.1 国际社会应对全球气候变化挑战的历程

随着科学界对气候与人类活动相互作用认识的增加,特别是对二氧化碳等温室气体与气候变化问题的了解日益增加,1979 年主要由科学家参加的第一次世界气候大会宣言提出:如果大气中的二氧化碳含量今后仍像现在这样不断增加,则气温的上升到 20 世纪末将达到可测量的程度,到下世纪中叶将会出现显著的增温现象。1989 年 11 月,世界气象组织和联合国环境署成立了政府间气候变化专门委员会(IPCC),为国际社会提供科学咨询。1990 年 11 月,由科学家和部长参加的第二次世界气候大会通过了“科学技术会议声明”和“部长宣言”,认为已有一些技术上可行、经济上有效的方法,可供各国减少二氧化碳的排放,并提出制定气候变化公约的问题。1991 年 2 月,联合国组成气候公约谈判工作组,并于 1992 年 5 月完成了公约的谈判工作。1992 年 6 月“联合国环境与发展大会”期间,153 个国家和地区一体化组织正式签署了《气候变化框架公约》。1994 年 3 月 21 日公约正式生效。截止到 2001 年 12 月,共有 187 个国家和地区一体化组织成为缔约方。公约缔约方第一次大会于 1995 年 3 月在德国柏林召开。经过两年的艰苦谈判,1997 年 12 月在日本京都召开的公约第三次缔约方大会通过了《京都议定书》,为发达国家规定了到 2008~2012 年的具体的温室气体减排义务。

4.2 《气候变化框架公约》(以下简称《公约》)和《京都议定书》——国际社会应对全球气候变化挑战的行动意愿

《公约》确定的最终目标,是将大气中温室气体浓度稳定在防止气候系统受到危险的人为干扰的水平上,而且在这一水平实现稳定的时间范围,应当足以使生态系统能够自然适应气候变化、确保粮食生产免受威胁并使经济发展能够可持续地进行。

为此,《公约》规定了许多原则,其中最重要的是“共同但有区别的责任”。“共同”责任是指地球气候的变化及其不利影响是人类共同关心的问题,各国都要根据各自的能力,为保护全球气候做出努力;“区别”责任,主要是指因历史上和目前的全球温室气体排放的最大部分源自发达国家,发达国家应该率先控制温室气体的排放。

《京都议定书》规定了发达国家的具体减排目标,即发达国家在 2008~2012 年内要将其二氧化碳等温室气体排放水平比 1990 年的平均水平减少 5.2%,具体是欧盟减 8%,美国减 7%,日本减 6%,俄罗斯不增不减,澳大利亚可允许增 8%。《京都议定书》没有为广大发展中国家规定新的义务,只是重申了《公约》下的义务。

4.3 全球气候变化给我国带来的挑战和机遇

4.3.1 国际上要求我国减排温室气体的压力越来越大

目前,我国二氧化碳排放量已位居世界第二,甲烷、氧化亚氮等温室气体的排放量也居世界前列。预测表明,到 2030~2035 年间,我国的二氧化碳排放总量很可能超过美国,居世界第一位;目前低于世界平均水平的我国人均二氧化碳排放量到时可能达到世界平均水平;虽然那时我国仍低于发达国家的人均二氧化碳排放水平,但已丧失人均二氧化碳排放水平低的优势。由于技术和设备相对陈旧、落后,能源消费强度大,我国单位国内生产总值的温室气体排放量比较高。如果长期不减排,我国参与联合国《气候变化框架公约》活动时遭受的压力将会越来越大,如处置不当,有可能会影响我国的国际形象和地位。

4.3.2 我国减排温室气体的潜力受到能源资源结构、技术和资金的制约

应对全球气候变化问题,将对世界各国的经济发展模式、技术发展方向、能源市场结构等产生重大影响。就我国而言,煤是我国的主要能源资源。在我国一次能源消费中,煤炭约占 70%,受能源资源结构的制约,我国通过调整能源结构来减少二氧化碳排放量的潜力有限。如果近期就承担温室气体控制义务,我国的能源供应将受到制约。我国人均能源消费只有世界平均水平的 53%,同时,因缺少相应的技术支撑,我国的经济将受到严重影响。

发达国家的减排成本大约在 76~666 美元/吨碳,而发达国家履行义务对其经济(GDP)的影响损失则在 0.2%~2.0%左右。我国的减排成本在 100 美元/吨碳,虽然低于发达国家,但也很高。这必将对我国经济增长、国际竞争力和国际贸易造成极为不利的影响,因而我国的能源结构和减排成本决定了我国不可能过早地承诺减排义务。在相当一段时期内,我国应坚持“节约能源、优化能源结构、提高能源利用效率”的能源政策,实际上在过去 20 年中这个政策的执行已取得了巨大成效。1995 年与 1980 年相比,我国技术节能量为 4.25 亿吨碳,减少二氧化碳排放 2.6 亿吨碳(相当于 1995 年排放量的 1/3),实际上为减缓二氧化碳排放的增长做出了贡献。这意味着我国通过提高能效来减少二氧化碳排放量尚有一定潜力,但是需要相当的技术和资金作为保证。目前发达国家希望通过“清洁发展机制”项目,从发展中国家获得减排抵消额。这将给发展中国家获得新的投资和技术转让带来新的机遇。

4.3.3 适应与减缓气候变化影响的问题,尚未真正提上议事日程

全球气候变暖可能给我国自然生态系统和社会经济部门带

来难以承受的、不可逆转的、持久的严重影响。但是迄今为止,我国还未把适应与减缓气候变化影响的问题提上议事日程,就连这方面的研究都十分薄弱和不足;因此,需要全面深入研究气候变化对我国自然生态系统和国民经济各部门的影响后果、可采取的适应与减缓措施,并在对其进行成本效益分析的基础上,提出我国适应与减缓气候变化影响的规划和行动计划。

5 结论与建议

全球变暖是不争的事实,只是在变暖的幅度、原因和区域分布,特别是未来气候变化预估方面,还有不少的不确定性。气候变化对自然生态系统、国民经济和国家安全将产生诸多影响,有些影响可能是不可逆和灾难性的。及早研究、及时采取适应气候变化的措施,可以减少气候变化的不利影响。气候变化问题的重要性与复杂性,决定了气候变化公约谈判的难度将不亚于入世谈判。目前国内外没有低排放、高经济增长的发展模式可供采用。承担控制温室气体排放的义务应与经济发展水平相适应,否则可能对我国经济发展、能源供应和人民生活产生相当的影响。

为了应对气候变化问题,我们提出以下一些对策建议。

5.1 继续加强气候变化研究,提高我国气候变化研究的水平

目前我国的气候变化研究工作,由于组织不力和经费不足,远不能满足国家可持续发展的需求,也难以作为气候变化谈判提供强有力的科技支持。

建议国家加强对气候变化研究的组织和协调,并给予长期、稳定的经费支持,以便紧紧围绕国家需求开展相关研究,特别是在气候变化对我国自然生态系统和社会经济系统的影响与适应对策方面,进行有针对性的研究。

5.2 制定我国应对气候变化问题的总体规划

我们还没有一个总揽国际谈判对策和国内应对行动的总体规划。目前气候变化谈判的重点已转向确定发达国家在第二个承诺期(2012年以后)的减排义务。届时,要求我国承担实质性限排或减排义务的压力将更大。我国必须从现在开始认真研究制定我

国应对气候变化的总体规划,统一规划外交、经济、能源等方面的应对策略和行动,使应对气候变化问题成为促进我国可持续发展的动力之一。

5.3 建设中国气候系统观测网

我国现有的气象观测网主要针对天气预报的需要。气候预测和气候变化研究需要把观测范围扩大到整个气候系统,既观测它的各种物理过程、化学过程、生物地球化学过程,也监测人类活动的影响。有鉴于此,国际上已实施全球气候观测系统(GCOS)项目,我国也急需建设中国气候系统观测网(CCOS),获取长序列、高精度的观测资料,并实现真正意义上的共享,以满足我国气候预测和气候变化研究工作的需求。

参考文献

[1] 秦大河. 中国西部环境演变评估——综合卷[M]. 北京: 科学出版社, 2002. 80

[2] 施雅风, 孔昭宸. 中国全新世大暖期气候与环境 [M]. 北京: 海洋出版社, 1992. 212

[3] 王苏民, 林而达, 余之祥. 环境演变对中国西部发展的影响及对策[M]. 北京: 科学出版社, 2002. 187

[4] 王绍武, 董光荣. 中国西部环境特征及其演变 [M]. 北京: 科学出版社, 2002. 242

[5] 丁一汇. 中国西部环境变化的预测 [M]. 北京: 科学出版社, 2002. 231

[6] 王苏民, 施雅. 晚第四纪青海湖演化研究析视与讨论[J], 湖泊科学, 1992. 4(3): 1~9

[7] 冯松, 汤懋苍, 周陆生. 青海湖近 600 年来的水位变化[J]. 湖泊科学, 2000, 12(3): 205~210

[8] IPCC. Climate change 2001: the science basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2001. 881

(责任编辑 苏青)

(上接第 38 页)



图 6 IPIB 的主要分析内容

4.2.2 配置阶段 IPIB 可用于建立态势知识库, 以及在网络空间安全态势感知与评估中应用态势知识库, 并为网络空间安全防御行为(如防御 COA 的连续、动态再规划, 高价值入侵检测器与相关处理器的配置、应用与对抗措施的制定等)的确定提供决策支持。

4.2.3 使用阶段 IPIB 用于对网络安全保障体系的应用状况

进行评价, 并对更新提供决策支持。评价与更新依据观察和预测的风险状况、新的网络攻击事件的突发能力和网络信息安全保障体系的对抗能力等内容进行。

4.2.4 维护阶段 IPIB 将用于入侵检测器的布置和应用、法律措施的使用、防御措施的使用、计算机攻击行为的应用和命令的 COA 等内容的优化。

4.2.5 重构阶段 IPIB 将用于对准备、配置、使用和维护等 4 个阶段进行评估, 并为重构的网络信息安全保障方案的建立提供决策支持。

参考文献

[1] 胡昌振. 把握我国信息安全技术跨越式发展机遇[J]. 计算机安全, 2003, 31(9)

[2] 约翰·H·霍兰著. 隐秩序——适应性造就复杂性 [M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2000

[3] 钱学森著. 创建系统学[M]. 山西: 山西科技出版社, 2002

[4] Edward Waltz 著. 信息战原理与实战[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004

[5] Tim Bass. Cyberspace Situational Awareness Demands Mimic Traditional Command Requirements. In Proceedings of the 30th Symposium on the Interface: Computing Science, 1998

(责任编辑 王宏章)