

气候变化影响与适应研究中的若干问题

刘春蓁

(水利部水利信息中心, 北京 100053)

摘 要 针对我国在气候变化影响与适应研究中存在的问题, 结合当前国际社会的研究热点, 就气候变化、变异、适应及风险评估等问题进行了初步探讨。

关键词 气候变化 变异 适应 风险评估

1 问题的提出

由于大气中温室气体浓度的增加, 全球气候正朝着变暖的趋势演进, 并将引发一系列人类生存环境问题。这已成为全世界公认的不容置疑的事实。为了减缓气候变化的不利影响, 1992年由各国政府首脑签定的联合国气候变化框架公约明确提出了两类对策。一是通过改变能源结构的技术方法与政策, 减少温室气体排放量以缓和或减少气候变暖; 二是在研究和认识气候变化对生态系统、农、林、粮食、水资源等影响的基础上, 通过采取技术、政策、法规等举措使社会经济适应气候变化以减少其过分受气候变化影响的脆弱性。自80年代末以来, 我国开展的一系列气候变化影响与适应对策研究就是针对后一方面问题的。

对这一问题的研究通常是以假想的气候变化情景或大气环流模型(GCM)的输出产品如气温、降水等要素为依据(后者针对不同的温室气体排放水平给出了平衡的输出及瞬变的输出两种产品), 将它们作为未来变化的情景值输入月水文模型和水资源综合评价模型。根据模型计算的若干代表性流域的年、月经流, 蒸发及土壤水的变化以及流域用水、供水平衡的变化, 得到水资源对气候变化反映最敏感、最脆弱的地区, 年、月经流对气候变化的响应幅度以及水资源供需差额的变化。在此基础上提出若干适应这一变化的建议。

以上研究成果^[1,2]对于认识在不同的气候与不同经济发展地区, 我国水文水资源对气候变化的响应特点, 响应幅度以及我国水资源对气候影响的脆弱性是有意义的。据此, 针对气候变化将导致北方水资源短缺与南方多水、洪涝加剧等后果所提出的对策建议也是有一定的使用价值的。

然而, 应该看到气候变化影响与适应研究尚处于初始阶段, 很多问题有待深入探讨。在现有的研究中尚存在以下问题: 首先, 当前研究的气候变化仅指气候的均值变化而言, 即几十年的多年平均值及多年的季、月值的增减, 而不是一个多年气候变化过程的系列。因此, 无论从气候变化本身的特性或从研究水文对其响应而言都是不完全符合实际状况的, 因而也是不完善的。其次, 任一系统对气候强迫的响应都是一个动态的过

程。这一过程不仅依赖于未来几十年气候变化与变异的形式,而且依赖系统本身对气候强迫的适应能力。在现有的气候变化对水资源供需影响研究中,尚未涉及我国水资源系统的功能、运行及其作用以及采纳适应的执行者的综合实力,因此适应建议是一般的和比较粗放的,缺乏具体的指导与可操作性。再者,关于气候变化情景,无论取自 GCM 输出或取自人为给定值,都未给出这些情景发生的可能性及概率,因此气候变化影响研究尚不能对这一具有很大不确定性的适应对策进行风险评估,从而限制了研究成果的使用价值。

随着对气候变化及变异特性认识的深化,目前国际社会在气候变化影响及适应方面取得很多新的进展。本文试图就我国在气候变化影响与适应研究中存在的上述三个问题,结合当前国际社会的研究热点以及作者本人的认识作一粗浅的探讨。

2 气候变化与变异

任一气候要素或变量(如气温、降水等)的长系列观测记录,是由其不同周期的波动、不同振幅的峰值及其均值的变化趋势构成的,它们以不同时、空尺度的天气、气候扰动或胁迫形式相互制约不可分割地统一在气候系统中。气候系统外在条件的变化,如太阳活动、火山爆发、大气化学成分的变化等是引起气候均值变化的主要因素;气候系统内部振荡,如大气低频振荡,厄尔尼诺-南方涛动(ENSO)等是引发年内或十年内气候异常的主要因素;而极端事件则是气候变异的组成部分,并由异常的天气条件引起的。

通常以 30 年系列气候变量的均值、方差及概率分布来表征气候的平均状态及其变异特征。在气候长期演变的历史长河中,缓慢的均值变化,快速的自然波动与频繁更替的峰、谷极值引起了水资源总量的增减,丰水和枯水期的交替,以及暴雨洪水和干旱的强度、频次与持续时间的变化。

从适应的角度看,既要考虑对长期的气候均值变化的适应,对年内及十年气候变异的适应,又要考虑对特定的极端事件以及对超出某一临界值的气候条件的累积效应的适应。

气候从一种状态渐变至另一种状态,基本上可发生以下三种情况:

(1) 气候均值不变,方差及概率分布变化,这时气候的变异性表现为丰枯振幅将加大或减小。

(2) 气候均值变化,其方差及概率分布不变,这时虽然方差及概率分布没有变化,但均值的增减将导致概率分布位置的偏移,从而加大或减小极端事件发生的频率。极端事件发生频率相对均值微小变化的敏感性表明,对气候均值变化的适应必须同时考虑对气候异常的适应。

(3) 气候均值变化,方差及概率分布亦变化,这时气候自然波动的周期与振幅及极端气候事件发生的频次都将随着气候均值的变化而加剧或减少,从而可能对社会经济的方方面面带来最为不利或趋于有利的影响。

我国气候学家研究了长系列的历史气候资料,揭示了很多有意义的事实。严中伟^[3]用 1971~1990 年旱涝等级系列资料,证实我国东部季风区旱涝变化十年以下尺度的振

荡功率积分值在小冰期较小,而在相对暖期(包括近百年)则相对较强。曾昭美、严中伟^[4]通过分析中国云量变化规律发现,3~4年尺度振荡在本世纪60~70年代北半球相对冷期较弱,而在50年代及80年代以后的暖期又增强。施雅风^[5]对我国全新世大暖期的历史气候的分析研究表明,当气候从冷期变至暖期时,气候扰动的频次加大,洪涝干旱加剧。

以上种种研究说明,在可预见的未来,气候变化不会是GCM给出的某种新的稳定的平衡态,而是一个不稳定的渐变的过程。因此,气候变化影响与适应研究不能只限于气候均值变化,而应包括气候变异及极端事件的影响以及对其如何适应的问题。

3 对气候变化及变异的适应

适应的概念包含多方面的涵义,对适应的认识也是逐步深化的。在现有的文献中,有很多适应的定义,诸如:

(1) 对气候的适应是减少气候对人类健康及生活的不利影响及利用气候环境提供的机遇的过程^[6]。

(2) 适应是为了增强社会及经济活动的生命力,减少其对气候依赖的脆弱性(包括当前的变异,极端事件及长期的气候变化)的调整^[7]。

(3) 对气候变化的适应包括为减少社会对气候系统变化的脆弱性而采取的行为或经济结构的全部调整^[8]。

(4) 适应能力是指系统的实践、运行或结构对预设的或实际的气候变化可能调整的程度。适应可以是自发的或计划的,既可以是对条件变化的响应,也可以是在事先预料的情况下完成的^[9]。

以上定义中的某系统对气候变异及变化的脆弱度是指气候变化对该系统可能造成损害的程度。脆弱度依赖于系统对气候变化的敏感性及适应能力^[9]。一个对气候变化敏感但适应能力强的系统,气候变化造成的损失较小;一个对气候变化敏感而适应能力弱的系统,则气候变化对其造成的损失较大。某种系统适应气候变化的能力,除了系统本身的坚固性、可恢复性、坚韧性及灵活性等属性外,还与系统所能承受的气候变量值的范围(或称阈值)有关。在此范围内系统的损失最小,超出此范围时,系统的功能运行将遭到破坏。例如,具有某一高程的河堤,当暴雨洪水较小,洪水位在河堤堤顶高程以下时没有危险,当雨强大、历时长的暴雨产生的洪水位高于河堤堤顶高程时,将发生洪水漫堤并造成损失。在流域某一定的土壤湿度条件下,产生漫堤洪水位的暴雨量即为漫堤的气候阈值。与气候变化影响相连的阈值将气候变化对某系统重要影响的发生与特定的一种或几种气候状态连接起来。阈值既可以是一个或几个气候要素的绝对值,也可以是它们的变率。掌握研究系统的阈值对于抉择适应对策是十分重要的。Smit于1998年提出了适应气候变化及变异影响研究的框图,它由若干问题的研究组成(见图1)^[10]。“适应什么?”是指气候变化或变异,适应可以是对不利影响或脆弱性的响应,也可以是对机遇的响应,可以是对当前实际发生的气候也可以是对未来预测的气候条件的响应。“谁或什么适应?”可以是人,社会经济部门,管理的或非管理的,自然的或生态的系统,或者是系统的实践、运行与结构。各系统按其适应能力与脆弱性来区分。“适应如何产生?”可

以是对过程或导致的后果与条件的适应, 可以是自发的或计划的。以上三个部分构成了“什么是适应”这一总的概念及应回答的问题。作为响应对策要给出适应的选择与措施的评价。“适应效果如何”是基于成本、利益、公平、效率、紧急性与可执行性等原则对适应的评价。图 1 所示的框图将适应科学、适应管理与适应方式的选择, 通过科学指导(理解与预测)、社会公众参与(传播与教育)与决策者的决策(全球公约与国家策略的执行)相互联系起来了。

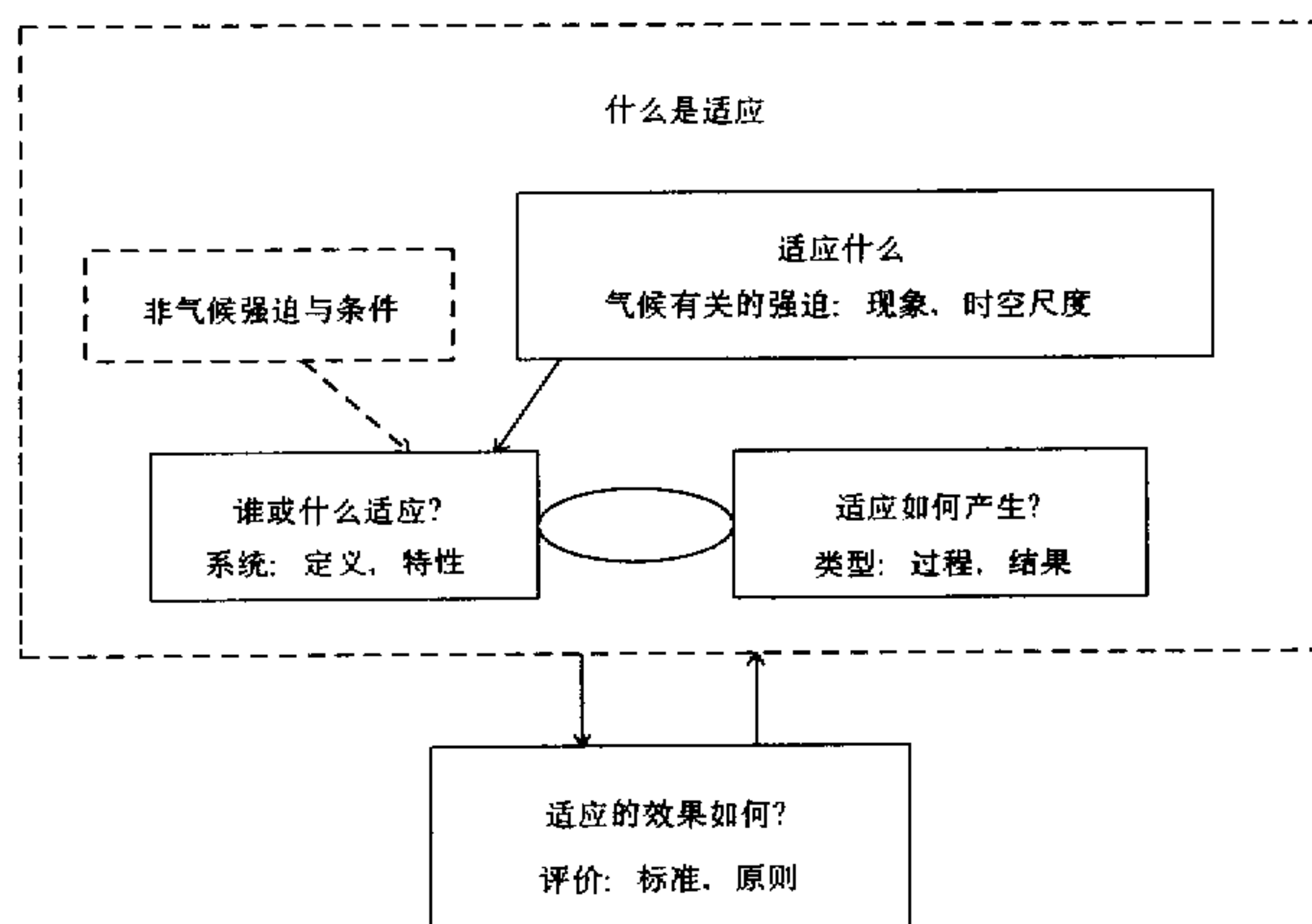


图 1 对气候变化及变异适应的分解

从“适应”的内涵与定义来看, 它具有很很多属性, 其中最重要的有两点, 一是适应的空间尺度, 二是适应行为的性质。这一切取决于适应由谁来完成, 是对某一流域, 某一地区, 还是对全国而言, 是自发的还是自觉的, 是有计划的或指令性的。对于水资源系统无论是供水系统还是防汛抗旱, 政府行为是至关重要的。我国制定的与水有关的各种法律, 如水法、防洪法、水土保持法、水污染防治法、城市防洪法等, 都直接或间接地与适应气候强迫有关。贯彻落实这些法律法规对于提高我国水资源系统对气候强迫的适应能力, 减少脆弱性是重要的保证。当然, 还应看到, 对于拥有 12 亿人口并且未来将达到 16 亿人口高峰的我国, 生存与发展过程对包括水资源系统在内的整个生态系统的压力是巨大的。一些非气候因子也会改变人类生存的环境, 从而会加大社会经济部门对气候变化变异影响的脆弱性。

气候变化与变异若用相对于我国社会经济体制变革与发展的时间尺度来衡量, 其在水资源的影响是缓慢的、较小的。然而它却是附加在社会经济及生态系统上的一个不可违抗的胁迫因子。1997 年几乎席卷全球的厄尔尼诺事件造成的热浪、干旱、森林大火、洪水及 1998 年的暴雨洪水曾给人类社会带来了重大的生命财产损失。分析总结历

史及现实发生的气候事件, 综合研究气候变化、变异及人类活动对水资源产生的影响, 不断探索变化环境中正反两方面适应过程的经验教训, 对于提高认识水平、减少脆弱性和增强适应能力是十分必要的。

4 气候预测的不确定性与风险评估

对气候强迫的适应是在气候变化与变异的预测具有很大不确定性的条件下提出的。

目前, 作为研究气候变化及变异的主要工具, 大气环流模型 (GCM) 针对不同的温室气体排放水平, 得到大气温室气体浓度加倍时全球平均气温升高 $1.5 \sim 3.5^{\circ}\text{C}$, 且高纬增温幅度大于低纬。这些是可信的。然而, GCM 对气温, 尤其是降水的地区分布以及气候均值变化引起气候异常及气候极端事件的变化还不能给出令人信服的预测。对同一地区, 不同模型有时还给出完全相反的模拟结果。因此, 影响与适应不能只建立在某一个 GCM 模拟的气候情景上。

鉴于气候预测的不确定性, 最近国际社会提出了一种确定系统的气候阈值与达到此阈值的时空变化概率的计算方法。这种影响评估方法从着眼于某一精度的气候预测或人为给定的气候情景转至未来最可能出现的气候状态以及与此气候状态相连的系统的氣候阈值 (或最不希望发生的情况) 出现的风险, 从而使适应能力的建设建立在现实的风险知识基础上。虽然这种方法不能消除模型预测的不确定性, 但它从全部可能出现的气候情景值中能够辨别不同情景值的概率大小, 并可为某一系统的气候阈值的出现提供风险评估的依据。Jones^[11]用这种方法研究了气候变化对澳大利亚北部维多利亚牧草场灌溉需水的影响与适应问题。灌溉需水量将随气温升高降水减少而增加, 该牧草场实际的灌溉供水极限为 12 ML/ha 。当灌溉需水量超过这一极限值时, 为了减少牧草的损失, 牧草场主必须采取适应对策, 超过此极限值的概率是气温与降水变化的函数。由气候变化对灌溉需水的影响模型可以对超过这一灌溉供水极限的概率进行敏感性计算。当需水量大于 12 ML/ha 的情况频繁发生并超过牧草场主对付缺水的经济能力时, 即发生了对牧草场主而言与气候变化有关的临界阈值。对于维多利亚牧草场主, 这一气候阈值为二年一遇的缺水, 即多年的 50% 概率。如果未来某一气候发生的概率小于二年一遇的缺水, 牧草场主无风险, 相反, 牧草场主要承担牧草损失的风险, 而且超出 50% 概率愈多, 风险愈大, 据此牧草场主应进行适应选择与相关的投入产出估算。

在这一个例研究中, 12 ML/ha 是由维多利亚牧草场实际的供水能力决定的, 二年一遇缺水的气候阈值是根据牧草场主的经济实力确定的。该地区可能发生的气候情景的概率是在区域气候变化的范围内, 考虑与不同气候自然波动的组合后由随机模型生成的大量样本中得到的。超过给定的二年一遇缺水的气候阈值的概率是由气候变化影响的模型对不同的气候情景进行敏感性计算得到的。

该方法执行了如图 1 所示气候适应框架的各个组成部件。这种基于概率、风险评估及阈值的计算方法反映了对气候变化、变异以及影响适应的深化了解, 并提供了一个新的研究途径。这一方法对区域气候模拟的不确定性要求具有更符合实际的量化以及对研究系统的气候阈值要考虑相关的非气候因子的影响。所有这些将不同学科的互相渗透与科学、社会、决策者的合作联系起来。

5 结论

(1) 气候变化是经历气候状态逐年的变异及不时出现极端气候事件的过程; 相应, 对某一系统的适应也是一个动态过程。

(2) 确定一个系统对气候某种变化的阈值至关重要, 此阈值取决于适应能力, 即谁进行适应, 执行者可能承担损失的综合实力以及其它非气候因素或下垫面条件的变化对系统的影响等。气候阈值既可以是气候要素及其组合的绝对值也可以是气候要素的变率。

(3) 所研究的系统对可能发生的气候变化、变异及极端气候事件的敏感性计算是确定气候阈值发生概率的基础。

(4) 鉴于未来气候情景的不确定性, 适应应建立在未来可能出现的气候情景的概率以及某系统超过临界阈值的风险的评估基础上。

参 考 文 献

- 1 刘春蓁等, 1995, 气候变化对华北水资源影响, 济南: 山东科技出版社, 149~348.
- 2 刘春蓁, 1997, 气候变化对中国水文水资源的可能影响, 水科学进展, 8(2), 220~225.
- 3 严中伟, 1994, 历史旱涝振荡谱的演变, 科学通报, 39(5), 1295~1298.
- 4 曾昭美、严中伟, 1993, 近40年中国云量变化的分析, 大气科学, 17(6), 688~696.
- 5 施雅风, 1992, 中国全新世大暖期的气候波动与重要事件, 中国科学(B), 22(12), 1300~1308.
- 6 Burton, I., 1992, Adapt and Thrive, Downsview, Ontario: Canadian Climate Center.
- 7 Smit, B., 1993, Adaptation to climatic variability and change, Guelph: Environment Canada.
- 8 Smith, J.B., S.E. Regland and G.J. Pitts, 1996, A process for evaluating anticipatory adaptation measures for climate change, *Water, Air and Soil Pollution*, 92, 229~238.
- 9 Watson, R.T., M.C. Zingowera and R.H. Moss, 1996, *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change*, 23, Cambridge University.
- 10 Smit, B., I. Burton and R.J.T. Klein, 1998, The science of adaptation: a framework for assessment, Background Paper for IPCC Adaptation Workshop on Adaptation to Climate Variability and Change, San Jose, Costa Rica.
- 11 Jones, R.N., 1998, Climate change scenarios, impact thresholds and risk, Workshop on Impact of Global Change on Australian Temperate Forests, 25-27 Feb., 1998. (in press).

On Some Issues in Studying Climate Change Impact and Adaptation

Liu Chunzhen

(Water Information Center, Ministry of Water Resources, Beijing 100053)

Abstract Based on the existing limitation in studying climate change impact and adaptation in China along with recent research focuses and progresses in this field in the world, some issues on climate change, variability, adaptation and risk analysis have been discussed.

Key words climate change variability adaptation risk analysis