

IPCC 关于水资源风险的评估综述

刘奇勇^{1,2}, 郑景云¹, 葛全胜¹ (1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要 综述了 IPCC 关于世界范围水资源风险的评估, 以期对未来中国水资源风险问题提供背景和借鉴。

关键词 IPCC; 水资源; 风险

中图分类号 TV213.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2008)32-14267-04

IPCC Assessment on the Risk of Water Resource

LIU Qi-yong et al (Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstract IPCC assessment on the risk of water resource in the world was reviewed, which offered some references and background for future water resource risk in China.

Key words IPCC; Water resource; Risk

水资源问题是近年来世界日益重视的环境和社会经济重大问题之一, 水资源风险愈来愈引起国际社会和各国政府的重视和关注。政府间气候变化委员会 (IPCC) 是世界评估气候变化问题的权威机构, 它的科学评估报告是气候变化问题有关国际活动的科学基础。IPCC 第 4 次科学评估报告已于 2007 年完成, 对事关人类生存与发展的水资源问题做出了重要的阐述, 现将第 4 次及前 3 次关于水资源风险的相关内容简述如下^[1-4]。

1 水资源变化驱动力

水资源变化驱动力可分为气候驱动力和非气候驱动力, 二者对于水资源系统的具体影响比较难以界定。关于驱动力对水资源的影响, 可将 IPCC 4 次评估报告分为 2 代。第 1 次与第 2 次报告归纳为第 1 代, 其主要集中于气候均值变化对水资源的影响及其适应对策; 第 2 代自第 3 次评估报告开始, 提出了径流自然变异的重要性, 并在气候变化影响的归因研究中, 重视自然气候变异对径流影响的检测; 随后由于气候科学的进一步发展, 至第 4 次评估报告开始突出非气候驱动力与气候驱动力对径流影响及其适应问题, 分析了常规的气候变化对水资源影响评估方法的进展及存在的问题。

目前多用 GCM 模型评估未来气候变化及其影响, 分为 4 种情景模式模拟未来气候变化。该模型虽在海气相互作用模式具有较高的准确性, 但因其本身具有很多不确定性, 因此对水资源风险的评估也具有一定的不确定性。降水、温度和蒸发成为主要的气候驱动力, 其中蒸发由以下因素决定: 地表净辐射、大气湿度、温度以及风速。由于温度对海平面高度和积雪融化的重要影响, 因此在海岸带和融雪供水的盆地地区, 温度是影响水资源变化特别重要的驱动力。IPCC 第一工作组对未来气候变化做了以下预测: 预计到 21 世纪 20 年代, 温度将会比工业革命前 (约 1750 年) 升高 1 °C; 到 21 世纪末, 在 A1 和 B1 情景下分别会升高 3~4 和 2 °C。北半球高纬度地区升温幅度更大, 北极圈地区夏季升温幅度高于冬季。全球各地的蒸发量几乎都会有不同程度的增加。

依此气候模式的预测, 全球平均海平面在 21 世纪内可能升高 14~44 cm。受此气候变化影响, 全球平均降水量将会普遍增加, 但地区间存在差异。高纬度和热带地区降水呈增加趋势, 而亚热带地区则可能减少。尽管一年四季均会升温, 但季节间降水并不与升温同步, 有可能出现季节性差异: 一个季节降水增加, 而另一个季节却有可能减少。

非气候驱动力也在全球尺度影响着水资源。水资源在质量和数量上受土地利用变化、水库建设及管理、污染排放和水处理等非气候驱动因素的多方面影响。水资源利用被人口、食物消费、经济政策 (如水价)、技术、生活方式以及社会对水资源价值的认识等多种因素影响。水资源对于气候变化的脆弱性也取决于水资源管理水平。因此, 可以预见, 为降低由于气候变化带来的水资源脆弱性, 制定各种政策时必然会强调加强对水资源的管理, 这在世界范围内将成为一种趋势。人口、经济活动、土地覆被、土地利用以及海平面等将会成为未来非气候变化驱动的主要因素。在 21 世纪, 水资源变化的非气候驱动力主要有: 水库 (大坝) 建设和退役、废水再利用、海水淡化、污染排放、废水处理、灌溉以及其他水资源利用驱动力。发展中国家不断建设新的水库和大坝, 发达国家大坝和水库数量则比较稳定, 美国和法国甚至在拆除有些已过服役期的水库和大坝。水库和大坝的建设与拆除导致径流变化, 无疑将会影响水资源利用。废水再利用和海水淡化技术可能会增加半干旱和干旱地区的水资源供给。随着费用的可能降低, 经海水淡化技术淡化出的水还可以供给内陆城市。但是由于在淡化过程中, 产生的高浓缩海洋有机物和其他化学物质所导致的环境问题以及大量能源消耗, 所以海水淡化的大范围应用仍面临很多困难。废水处理是对水资源质量的一个重要驱动力。为了改善水资源的质量, 发展中国家和发达国家对废水处理的需求都在增长。如在欧洲, 提高废水处理的效率有效减少了河流的点源污染。但目前的废水处理技术仍然存在诸如有机微污染、化学品的大量消耗等技术问题。发展中国家将会面临重金属、富营养化和有机微污染等日益严重的点源污染问题。由于降水量在增加, 非点源污染在所有国家会呈增加趋势。含氮污染物的排放在全球尺度为人们所关注, 但在不同的情景模拟下, 含氮污染物的排放量呈现不同的趋势。在发展中国家, 农业生产所产生的含氮污染物和杀虫剂残留将成为影响水质量安

基金项目 科技支撑计划项目“综合能源与综合水资源保障风险防范关键技术示范”(2006BAD20B06); 科技支撑计划项目(2006BAD20B06-5, 2006BAD20B05-1)。

作者简介 刘奇勇(1978-), 男, 山东莒南人, 博士研究生, 研究方向: 风险评估。

收稿日期 2008-09-16

全的主要因素。对水资源利用起最重要驱动作用的是人口、经济发展情况和社会对水资源价值的认识。4种情景分析都表明,至2050年,世界范围内的人均可利用水资源量将只有 100 m^3 /年左右,仅相当于欧洲2000年的平均水平。灌溉区域的范围是未来灌溉水资源利用的最重要驱动力,同时作物密度和灌溉效率也是重要驱动力。据联合国粮农组织预计(未考虑气候变化影响),发展中国家至2030年,灌溉面积每年增长速度达到0.6%,作物密度从1.27 crops/年达到1.41 crops/年,但灌溉效率只有轻微增长。

2 各区域的水资源脆弱性

温度的升高导致大气层容水能力增强,并使蒸发进入大气的水增多,这种变化增加了气候的变异性,表现为降水集中化、干旱增加、水文循环加速。目前观察到的水资源变化趋势有:降水方面,1901~2005年北纬 30° 区域呈增加趋势,20世纪70年代后北纬 30° 至南纬 10° 区域呈减少趋势,全球降水强度增加;低温层方面,大部分地区积雪覆盖减少,春季尤其明显,冰川面积和体积全球性减少,永久冻土带以每年0.02(阿拉斯加)~0.40 m(青藏高原)速度融化;地表水方面,径流在欧亚北极圈地区增加,一些河谷盆地地区则显著增加或减少,欧亚大陆和北美春季径流高峰提早到来并且冬季径流增加,世界某些地区的蒸发增加,湖水温度增加,有些湖泊水量明显减少,有些则明显增加,但湖泊的冰层覆盖均减少。

IPCC对于未来水资源风险的评估有以下几方面:在21世纪中叶之前,在高纬和部分热带潮湿地区,年平均河流径流量和可用水量预估会增加10%~40%,而在某些中纬和热带干燥地区,正遭受缺水压力,其径流量和可用水量会减少10%~30%。在某些地区、某些特定季节,其变化情况有别于上述年度变化的数据。受干旱影响的地区可能将有所增加,强降水事件在频率上很有可能增加,从而将增加洪涝风险。受冰川和积雪储水量减少的影响,生活在冰川或融雪供水的江河流域世界上1/6以上的人口可能会经受水资源风险考验。海平面上升将扩大地下水和三角洲盐碱化面积,导致人需要和沿海地区生态系统需要的淡水下降。预估降水强度和变率加大会增加许多地区洪水和干旱的风险。达20%的世界人口生活在江河流域,在全球变暖的过程中,到2080年,这些流域有可能受到洪灾增多的影响。根据SRES A2情景,生活在不堪重负的江河流域的人口数量预估会大大增加:从1995年的14亿~16亿上升到2050年的43亿~69亿。根据整个系列的SRES情景,面临日益缺水风险的人口预估分别为:到21世纪20年代达4亿~17亿,到21世纪50年代达10亿~20亿,到21世纪80年代达11亿~32亿。到21世纪50年代(A2情景),有2.6亿~9.8亿人口可能加入用水紧张的行列。预估用水压力状况到21世纪50年代会在20%~29%的全球陆地面积上出现缓解(考虑到两个气候模式的结果和SRES情景A2和B2)并会在62%~76%的全球陆地面积上出现增加。干旱和半干旱地区特别受到气候变化对淡水的影响。许多这类地区(例如地中海流域、美国西部、非洲南部、巴西东北部、澳大利亚南部和东部)将由气候变化而遭受水资源的减少,会加剧许多形式的水污

染,会影响生态系统、人类健康和水系统的可靠性及运行成本。这些污染物包括沉积物、营养物、溶解的有机碳、致病细菌、农药、盐和热污染。地表水可用量由于降水变率加大而出现下降,地下水的补充在已经面临缺水压力的区域将会大幅度减少,而且这些地区因人口和需水量的快速增加通常变得更加脆弱。水温上升、降水强度增加、低流量期延长等气候变化影响了现有用水基础设施的功能和运行,并影响了水管理的规范。气候对淡水系统的不利影响加剧了对其他方面的影响,诸如人口增加、经济活动的改变、土地利用变化和城市化。从全球范围着眼,需水量在未来几十年将出现增加趋势,主要原因是人口的增长和财富的增加。从地区范围来看,由于气候变化,灌溉需水量有可能会较大变化。当前的水管理规范难以应对气候变化对供水可靠性、洪水风险、健康、能源和水生生态系统造成的不利影响。将当前的气候变率更好地纳入水务管理可能会使适应未来气候变化变得更为容易一些。一些认识到预估的水文变化不确定性的国家和地区(例如加勒比、加拿大、澳大利亚、荷兰、英国、美国、德国)正在制定针对水行业的适应程序和风险管理规范。自IPCC第3次评估报告以来,对不确定性进行了评估,对其的解释也得到改进,并且正在开发新的方法(例如集合方法)来描绘不确定性。尽管如此,对江河流域尺度降水、江河流量和水位等变化的定量预估仍存在不确定性。气候变化对淡水系统的不利影响超过了其效益。IPCC评估的所有地区表明气候变化对水资源和淡水生态系统总体上造成净负影响。径流预估下降的地区可能会面临水资源所提供服务的价值的降低。其他地区年径流量增加所带来的有利影响可能会被一些地区因降水变率增加和季节径流改变而对供水、水质和洪水风险造成的负面效应所抵消。

对于各地区水资源风险评估如下:

(1)非洲。气候变率和变化可能加重非洲许多地区的供水压力。多因素造成的缺乏安全的饮用水已在非洲的许多地区成为一个关键的脆弱性问题。气候变化有可能进一步加剧这一局面。预计在21世纪50年代之前,东非的径流增加;其他地区的径流减少且干旱的风险可能增加(如非洲南部和北部)。非洲到2020年,预估有0.75亿~2.50亿人口会因为气候变化而面临加剧的缺水压力,如果再加上需求量的增加,这将对人民的生活产生不利影响,并加重与水相关的问题。水资源供给不仅受到气候变化的威胁,而且受到复杂的河流-流域管理(多个国家共享主要河流),以及因水的抽取和水源污染导致水资源退化的威胁。因此在未来对非洲的水资源进行评估时,还必须考虑水污染治理和水资源流域管理的问题。

(2)亚洲。气候变化具有在亚洲大部分区域加剧水资源压力的潜势。预估如果气温升高 3°C ,降水没有变化,长度不足4 km的青藏高原冰川将消融。如果保持目前的变暖速率,亚洲北部多年冻土层继续融化,喜马拉雅冰川将会以非常快的速率融化,到21世纪30年代将会从目前的 50万 km^2 退缩到 10万 km^2 。亚洲未来20~30年,冰川的加速融化将导致今后二三十年内一些河流水系的流量增加,从而造成更多的洪水、不稳定山坡的岩石崩塌,以及水资源破坏。此后

由于冰川的退缩,流量将随之减少。多年冻土层的退化可能造成地面沉降,改变排水特性和基础设施的稳定性。气候变化在亚洲引起的最严重的潜在威胁是缺水。在中亚、南亚、东亚和东南亚地区,特别是在大的江河流域,预估可用淡水会减少。到 21 世纪 50 年代,伴随着人口增长,以及生活水平日益提高所带来的需求增长,气候变化可对 10 亿以上的人口造成不利影响。在海岸带地区,特别是在南亚、东亚和东南亚人口众多的大三角洲地区,将面临更多的来自海洋和河流的洪水风险。

(3)大洋洲。在澳大利亚南部和东部、新西兰北部和东部的一些地区,到 2030 年水安全问题可能将更加严重,例如,到 2030 年维多利亚地区径流将减少 0~45%,到 2050 年澳大利亚默里-达令流域江河径流将减少 10%~25%。到 2030 年,由于干旱和火灾增多,在澳大利亚南部和东部大部分地区以及新西兰东部部分地区,预估农业和林业产量会下降。然而,在新西兰,由于作物生长期延长,霜冻减少,降雨增加,预计最初会给西部和南部地区以及靠近河流干流地区带来效益。澳大利亚西北部和新西兰西南部的降雨较多,澳大利亚南部和东部以及新西兰的东北部降雨较少,澳大利亚的干旱强度均会增加。

(4)欧洲。到 2050 年,不同地区小的阿尔卑斯山冰川将消融,大冰川将减少 30%~70%,同时春季和夏季的补充量也减少。A2 情景下,预估到 21 世纪 70 年代,欧洲北部年径流量将增加,而南部将减少 36%,夏季将减少 80%;在严重的缺水压力下(汲水率/供水率高于 0.4)的江河流域面积百分率由当前的 19%增加到 34%~36%。在 A2 和 B1 排放情景下,根据 HadCM3 模拟的气候,到 21 世纪 80 年代,西欧 17 个国家中,生活在缺水压力下的人口可能由 1 600 万增加到 4 400 万。风险最大的地区是欧洲南部,以及欧洲中部和东部的部分地区。在欧洲南部,预估气候变化会使那些容易受到气候变率影响地区的条件更加恶劣(高温和干旱),使得可用水量减少、水力发电潜力降低、夏季旅游减少以及农作物生产力普遍下降,农业将不得不应对因气候变化所引起的日益增长的灌溉用水需求(例如,到 2050 年,玉米耕作的用水需求将增加 2%~4%,马铃薯将增加 6%~10%),以及因与作物有关的氮淋洗而提出的额外限制措施。在欧洲中部和东部,预估夏季降水会减少,造成更严重的缺水压力。缺水压力可能增加,以及在有严重缺水压力的流域附近生活的人数可能增加。

(5)拉丁美洲。降水分布的变化以及冰川的消失,预计会显著影响用于人类消费、农业和能源生产的可用水量。到 21 世纪中叶,在亚马逊东部地区,温度升高及相应的土壤水分降低,预估会使热带雨林逐渐被热带稀树草原所取代。半干旱植被将趋向于被干旱地区植被所取代。在较为干旱的地区,气候变化预计会导致农业用地的盐碱化和荒漠化。智利南部、阿根廷西南部、秘鲁南部和中美洲西部的降水将出现减少的趋势。随着温度升高,TAR 认为冰川正在加速退缩。这个问题在玻利维亚、秘鲁、哥伦比亚和厄瓜多尔至关重要,因为水的消耗或水力发电已影响上述地区的可用水量。如果不规划并实施适当的应对措施,预计这些供水问题

在未来将增多,并变成长期的问题。安第斯山脉的热带冰川在未来几十年很可能消失,影响可用水量和水力发电。在 21 世纪 20 年代之前,由于气候变化的影响,面临水资源短缺的人数的净增长可能达 700 万~7 700 万人。在 21 世纪下半叶,可用水量可能减少,日益增多的区域人口对水的需求也日益增长,处于这种境地的人口数量将增加到 0.6 亿~1.5 亿。哥斯达黎加和厄瓜多尔的太平洋沿岸以及拉普拉塔河口可用的饮用水安全受到海平面升高的威胁。在阿根廷、智利和巴西的干旱-半干旱地区,未来降水的减少可能导致严重的水资源短缺。

(6)北美洲。到 21 世纪中叶,预估的西部山区变暖很可能造成积雪的大面积减少、积雪更早融化、更多的冬季降雪事件、增加的冬季最大流量和洪涝以及减弱的夏季流量。水的供需矛盾可能会加剧水资源分配的竞争。预估西部山区变暖会造成积雪减少、冬季洪水增加以及夏季径流减少,加剧过度分配的水资源竞争。气候变化很可能制约北美洲已经被密集使用的水资源,并与其他方面的压力相互作用。因温度升高而引起的积雪减少和蒸发量增加很可能影响水的提供时间和可用性,并加剧各种用水的竞争。变暖很可能给地下可用水量造成额外的压力,给经济发展和人口增长方面的更高要求带来冲击。在五大湖和一些主要的河系中,更低的水位可能使水质、航行、水力发电、分洪和美国与加拿大两国之间的合作等问题恶化。

(7)极地区域。预估到 21 世纪末,年平均的北极海冰面积将减少 22%~33%;两极地区湖泊冰盖和江河冰盖都将减少。在南极,大陆冰川将继续消融,夏季海冰将完全消融,由海洋变化驱动的西南极冰盖部分地区将变薄。在未来几百年,北极冰川和冰帽的厚度和面积以及南极冰盖将显著减少。降水频率、类型和发生时间的变化将会增加污染物的捕获并增加污染物流入北极淡水系统的负荷。在北极地区,海冰和多年冻土面积减少,海岸带侵蚀加重,多年冻土层季节性融化深度增加。水文和冰雪圈继续发生变化将对北极的淡水、河岸和近海海洋生态系统产生重大的区域影响。自 20 世纪 30 年代以来,流入北冰洋的欧亚河流的综合流量增加,这与降水增加在很大程度上具有一致性。同时北极地区冰雪圈过程的一些变化(积雪和多年冻土层的融化)正在改变河流的路径和季节性。以上变化将对包括迁徙鸟类、哺乳类动物和高等食肉类动物在内的许多生物产生不利影响。

(8)小岛屿。一些有力的证据显示,在大多数气候变化情景下,小岛屿的水资源可能受到严重的影响。到 21 世纪中叶,由于大多数小岛屿的供水有限,气候变化预计会减少许多小岛屿的水资源,如在加勒比海和太平洋的许多小岛屿,由于气候变化可能遭遇更多的水压力,在少雨时期,可能没有足够的水资源满足其需求。在 SRES 情景下,该地区的预测显示夏季的降雨减少,所以在降雨偏少的时期不可能满足供水需求。由于雨水的储存缺乏以及暴风雨期间径流较大,所以冬季增加的降雨将不足以补偿全年的水资源短缺。

3 水资源风险适应和管理对策

评估水资源风险对于社会经济影响很困难,主要是存在很多诸如人口、社会和经济发展的不确定因素和影响。水

资源变化对于社会经济影响是利有弊的,例如径流增加可能对水资源更新有利,但却可能增加洪水风险。降水变率加大和水资源利用模式的改变、不同集团利益的冲突将会使水资源利用的费用增加。水资源变化对于社会经济的影响不仅体现在数量上,而且体现在水质方面。例如,降水强度增加会周期性导致水混浊、富营养化和水中病原菌增加等现象出现,这无疑会增加净化水质的支出费用。社会经济对于水资源需求多种多样,不同行业部门对水资源的需求竞争表现为直接竞争和间接竞争。社会经济对于水的需求随人口、居住模式、财富、工业计划和技术的时间变化而改变。例如,快速城市化会使局部出现水资源需求的快速增长,时常会导致水资源供给出现矛盾,不能满足需求,尤其在干旱地区更是容易出现这种情况。

适应水资源可利用性和需求的变化是水资源管理的核心内容。以往的水资源管理多关注满足日益增长的水资源需求,而成功的完整的水资源管理方针应该是采纳多方面社会观点,改造计划和过程,协调土地资源和水资源管理,调查清楚水资源量和质量、地表水与地下水联动情况,保护和恢复自然系统,并考虑气候变化可能产生的影响。另外,一套完整的水资源管理方案还应协调水资源使用的利益冲突。适应水资源风险的方法原则可从供给和需求两方面结合起来加以选择和考虑。但是不管采用哪种方法,都会产生各种利弊两方面问题,因此选择具体方式方法还应根据具体情况。从供给方面,可以采取以下措施来应对水资源风险:勘探和抽取地下水;增大水库和大坝的库容;海水淡化;雨水收集储存;调水工程等。从需求方面考虑有:促进循环水的使用提高水利用效率;通过改变作物轮作制度、采用作物间作和混作、灌溉方式以及作物种植区域调整等方式来减少农业灌溉用水;进口农产品来减少农业灌溉用水;促进水资源本地可持续利用;通过水资源市场来实现水权再分配,以达到水资源高价值利用的目的;减少泄漏,通过计量和定价进行需水量管理;土壤保墒,如通过覆盖;通过经济激励手段(计量和定价)来促进水资源保护。过分采用提高供给的方式会增加水资源供需矛盾,并带来不利的环境影响后果,如海水淡化技术会产生海洋有机物和高浓度盐水并消耗大量能源。

有研究表明,生活和工业用水对于气候变化引起的水资源变化不敏感,到 21 世纪 50 年代某些研究区域由于气候影响的水资源增长量不会超过 5%。灌溉取水量分别占全球取水量的 70% 和水消费量的 90%。鉴于农业灌溉在全球水资源需求方面的绝对地位,提高农业灌溉用水的生产力(界定作物单位产量耗水量)可以极大地增加人类生活和环境需水的供给。水权转让期望能成为适应水资源风险变化的有效手段。如果气候变化导致水资源风险出现,那么就需要考虑采用提高水资源利用效率、加强水资源管理(如计量和定价)和水权管理等措施来适应和减缓风险,其中合理分配水权对

于调节矛盾可能更为有效。例如在美国西部,水权从农业向城市、环境用水的转让已成为一种趋势,可使农业用水向城市或环境用水转换,这些方式呈增长趋势并能适应水资源需求的长期目标变化(如人口增长)和满足短期水资源变化的需要(如突发性干旱灾害)。因此,为应对气候变化可能带来的水资源风险,美国一些主要城市(洛杉矶、圣地亚哥等)的水资源管理机构都已经在战略计划书中有建立水权交易市场的计划。目前就美国的情况来看,水权交易似乎是解决农业用水与城市、环境及其他用水的一个途径,但联邦和州政府相关部门在水权的立法问题上还存在一些争议。

对于水资源管理部门而言,为适应未来可能产生的水资源风险,可采取改变水文特征来满足人类需要或采取改变人类需要来适应水资源可利用的客观条件的策略。但是,在制定和实施水资源风险的适应和调整策略时应首先考虑以下问题:首要条件是技术或制度上程序的可行性。例如,除非发生严重威胁健康和生活的严重水质事件,正常情况下想减少水资源需求基本不可能。其次要考虑策略和措施的经济承受能力或可行性,措施和策略应在经济可承受范围内。再次是政治或社会因素。比如在许多国家,建水库和降低供水服务标准、供给能力都会造成不利的政治影响而使这些措施无法施行。最后还应综合考虑水资源管理系统和各管理机构自身的局限性。机构缺乏有效权力,各组织间协作能力差,国家、地区、地方间关系紧张,对未来气候变化带来的水资源风险无有效水资源管理措施和应对策略等等,都是水资源管理机构和组织目前普遍存在的问题。

为实现水资源可持续利用,在水资源管理中还应考虑维持和加强环境保护措施,包括河道生态系统、湿地、不同需求竞争、土地利用、社会经济政策等。另外,水资源利用的碳排放问题也被很多研究所关注。例如,在海水淡化技术中利用太阳能可大量减少能源消耗,并减少二氧化碳的排放,从而减少温室效应。在有些地区采取移民的方式也可缓解和规避水资源短缺和洪水所带来的风险。

参考文献

- [1] IPCC. Climate change 1990: The IPCC impacts assessment [M]. Canberra, Australia: Australian Government Publishing Service, 1990.
- [2] IPCC. Climate change 1995: Impacts, adaptations and mitigation of climate change: Scientific-technical analyses. Contribution of working group II to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 1996.
- [3] IPCC. Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of working group II to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 2001.
- [4] IPCC. Climate change 2007: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 2007.