科学通报 2016 年 第 61 卷 第 10 期: 1042 ~ 1054
专题: 解读《第三次气候变化国家评估报告》 评 述
《中国科学》杂志社
SCIENCE CHINA PRESS

# 中国气候变化影响与适应: 态势和展望

吴绍洪[①②*], 罗勇[③], 王浩[④], 高江波[①②*], 李传哲[④]

① 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;
② 中国科学院陆地表层格局与模拟重点实验室, 北京 100101;
③ 清华大学地球系统科学研究中心, 北京 100084;
④ 中国水利水电科学研究院, 流域水循环模拟与调控国家重点实验室, 北京 100038
* 联系人, E-mail: wush@igsnrr.ac.cn; gaojiangbo@igsnrr.ac.cn

2016-01-06 收稿, 2016-02-14 修回, 2016-02-22 接受, 2016-03-18 网络版发表
国家科技支撑计划(2012BAC19B10, 2012BAC19B11)和国家自然科学基金(41530749)资助

**摘要** 2015年出版的《第三次气候变化国家评估报告》总结了第二次评估报告发布以来中国学者对气候变化影响与适应的最新研究结果. 科学界对中国气候变化影响与适应研究的主要认识进展有: 不同领域(农业、水资源、生态系统、冰冻圈、海岸带等)和区域已经显现出来气候变化影响的事实, 总体判断弊大于利, 特别是未来进一步增温将主要造成负面影响. 影响评估的特点包括, 气候变化对重点领域影响评估更加全面, 重点领域对气候变化响应过程研究深入, 评估方法与数据更加规范, 辨识气候变化对不同领域和区域影响的利弊. 本文分析了气候变化影响与适应研究差距. 未来的研究将集中在降低气候变化影响认识的不确定性、提高定量化风险评估水平、增强气候变化影响与风险的综合交叉、趋利避害适应原则、有序适应机制、定量适应措施.

**关键词** 气候变化, 影响与适应, 态势, 展望, 中国

迄今我国已发布3次《气候变化国家评估报告》, 其第二部分聚焦于气候变化的影响与适应. 2007年, 科技部、中国气象局和中国科学院联合发布《气候变化国家评估报告》, 首次系统总结气候变化对我国重点领域的影响, 并提出初步的适应对策建议. “十一五”以来, “中国应对气候变化科技专项行动”的实施, 加快推进气候变化影响与风险评估以及适应技术研发. 我国于2011年发布《第二次气候变化国家评估报告》, 在第一次评估报告的基础上拓展、延伸, 以准确、客观反映我国气候变化影响与适应研究领域的最新进展.

“十二五”期间, 由于《国家适应气候变化战略》、《国家应对气候变化规划(2014~2020年)》的颁布, 以及《“十二五”国家应对气候变化科技发展专项规划》对于科技研发任务的部署和全球变化研究国家重大科学研究计划的实施, 形成了气候变化影响与适应领域的诸多创新性研究. 在此背景下, 由科技部、国家气象局、中国科学院、中国工程院牵头, 会同外交部、国家发展和改革委员会、环保部、教育部、农业部、水利部、国家林业局、国家海洋局、国家自然科学基金委员会等16部门共同完成的《第三次气候变化国家评估报告》[1]于2015年11月20日正式发布. 相对于前两次评估报告, 《第三次气候变化国家评估报告》(下称《报告》)有关气候变化影响与适应的内容特色显著: (1) 更全面, 囊括我国气候变化敏感的多个自然和社会经济领域; (2) 更深入, 厘清利弊影响, 明晰重点领域响应的脆弱性; (3) 更规范, 数据方法趋于统一, 适应技术更具推广性.

**引用格式**: 吴绍洪, 罗勇, 王浩, 等. 中国气候变化影响与适应: 态势和展望. 科学通报, 2016, 61: 1042–1054
Wu S H, Luo Y, Wang H, et al. Climate change impacts and adaptation in China: Current situation and future prospect (in Chinese). Chin Sci Bull, 2016, 61: 1042–1054, doi: 10.1360/N972015-01240

© 2016《中国科学》杂志社

## 1 气候变化影响与适应的系统认识

《报告》根据气候变化影响受体涵盖范围, 重点评估领域涉及自然生态系统与社会经济系统的多个方面, 如农业、水资源、生态系统、冰川、海岸带等. 其中, 农业、生态和水资源系统由于直接暴露在气候因素的冲击之下而持续受到广泛关注. 近年来, 尤其是自2011年我国《第二次气候变化国家评估报告》发布以来, 由于科学发展推动和社会需求, 重点领域气候变化影响评估工作取得了长足发展, 已基本形成对气候变化影响较为系统的认识(表1).

### 1.1 气候变化对重点领域影响的新进展与认识

(ⅰ) 农业. 在作物产量方面, 论证了气候变化对不同作物类型的影响程度[2], 突出了粮食安全的综合影响评估工作[3,4], 阐述了对耕地质量和病虫害的影响内容[5~10], 增加了部门之间的交互作用. 主要的新认识是, 气候变化对小麦和玉米呈略微负面影响(图1), 单产分别降低1.27%和1.73%; 气候变暖导致病虫害呈加重态势、耕地质量总体下降; 不考虑技术进步, 气候变暖将造成中国粮食自给率下降, 粮食安全风险增加[11], 其中水资源短缺是农业可持续发展最大的限制因素.

(ⅱ) 水资源. 气候变化对水资源的影响及其适应, 使用了更新的文献和资料进行评估, 气候变化与水相关的数据系列更新到2010年, 强调了气候变化对需水和可持续发展的影响. 主要的新认识是, 近50年来气候变化对海河流域、黄河中游河川径流减少的贡献率分别为26%和38%[12]; 区域径流敏感性干旱区最大, 气候过渡区次之, 湿润地区最弱[13,14]; 在RCP4.5排放情景下, 水资源南多北少格局不会改变, 但水资源量总体减少5%以内(图2), 旱涝灾害频次和

**表 1 关键领域与重点区域气候变化影响利弊**[a)]

**Table 1** Pros and cons of climate change for different sectors and regions[a)]

| 关键领域 | 利弊影响 | | 重点区域 |
|---|---|---|---|
| | 有利 | 不利 | |
| 农业 | 热量资源增加<br>种植制度调整 | 耕地质量下降<br>用水供需矛盾<br>病虫害加重 | 东北地区(+)、华北地区(+)、华东地区(−)、华中地区(+)、西北地区(+) |
| 水资源 | 冰川融水径流增加 | 径流量总体下降<br>旱涝灾害加重 | 华北地区(−)、华中地区(−)、西南地区(−)、西北地区(+) |
| 森林与其他自然生态系统 | 森林总体碳汇<br>温带草原增加<br>高山牧场草原界线上移 | 北方落叶林减少<br>西部荒漠化、生产力下降<br>东部湿地萎缩<br>局部物种消失 | 东北地区(−)、西南地区(+&−)、西北地区(−) |
| 海岸带和近海环境 | | 海洋酸化加剧<br>赤潮、风暴潮加重<br>海岸侵蚀强度增大<br>红树林和珊瑚礁退化 | 华东地区、华南地区 |
| 冰冻圈环境 | 冰川融水增加<br>冰封期缩短<br>凌期趋于缓和<br>海冰冰清总体缓解 | 冰川萎缩、厚度减薄<br>冰湖溃决风险加大<br>多年冻土面积萎缩, 雪灾频次总体增加<br>海冰冰清年际变化大 | 东北地区(−)、西南地区(−)、西北地区(+&−) |
| 人体健康与环境质量 | | 自然灾害导致疾病或死亡<br>传染病和自然疫源性疾病及流行区域增加<br>水体富营养化、水质及大气污染等加剧 | 华东地区、华中地区 |
| 重大工程 | | 南水北调中线工程可调水量减少<br>三峡洪涝风险增大<br>青藏铁路路基变形风险<br>三北防护林造林成活率和生产力水平降低<br>电力网络受损扰风险加大 | |

a) +, −分别代表气候变化影响的利和弊

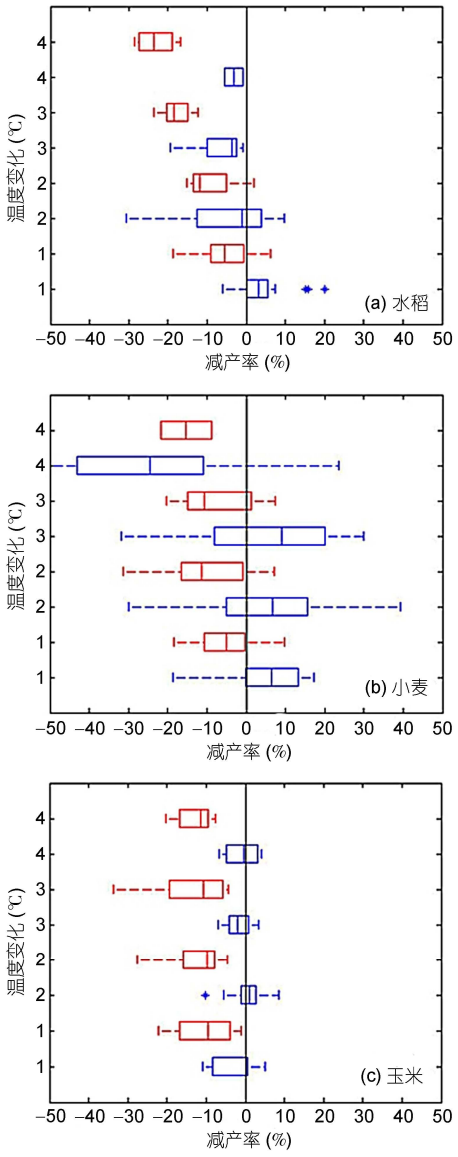



**图 1** 未来温度升高 1~4℃(考虑$CO_2$ 肥效(蓝色)/不考虑$CO_2$ 肥效(红色))对中国作物产量的影响百分率[1]

**Figure 1** The impact of temperature increase by 1–4°C on crop yield in China in future (blue, including $CO_2$ fertilization; red, without considering $CO_2$ fertilization)[1]

强度增加; 气候变化进一步导致农业、工业、生活需水增加, 水资源供需缺口增大.

(ⅲ) 森林与其他自然生态系统. 进一步评估气候变化对自然生态系统已经发生的影响与预计的影响; 评估森林和自然生态系统与其他部门的交互作用; 评估了气候变化对生态系统可持续发展的影响. 主要的新认识是, 植物生长季开始提前、结束推后[15~19], 生长期延长[20]; 森林分布北移高扩, 总体呈碳汇增加趋势[21,22]; 气候暖干化使草原分布东移[23]、西部呈荒漠化趋势[6,7,24]; 生境改变, 一些物种发生局地消失[25]; 预计未来影响继续, 但近期气候变化对中国生态系统的影响不大, 中、远期负面影响较大, 3℃以内升温不会造成不可逆转的影响, 并对农牧业和生态可持续性有负面影响[26].

(ⅳ) 海岸带和近海环境. 总结气候变化和海平面上升对中国近海和海岸带环境以及生态系统的影响. 主要的新认识是, 1961~2009年, 北隍城、葫芦岛、秦皇岛和塘沽平均盐度均上升; 2011~2012年, 渤、黄海出现底层海水文石饱和度<2.0的海水酸化现象; 未来百年海表呈明显增温趋势, 海表pH下降0.2~0.3; 风暴潮灾害频率增高和损失加剧, 尤其是进入21世纪后更加明显; 海岸带侵蚀增强, 预计21世纪末长三角海岸线后退可达10 m以上, 导致滨海湿地减少、红树林和珊瑚礁退化, 渔业和近海养殖业深受影响.

(ⅴ) 冰冻圈环境. 系统总结了青藏高原和中亚天山冰川变化[27~29]; 指出了有关冻土退化导致的垂向不衔接现象[30,31]; 在海冰方面, 进行北极西北航道海冰变化与同行研究对比分析[32]. 主要的新认识是, 冰川萎缩、径流增加, 冰湖溃决突发洪水风险加大, 在RCP4.5和RCP8.5情景下, 预计2100年冰川面积平均剩余25%和10%; 多年冻土区面积萎缩, 融区范围不断扩大[30,31,33,34], 21世纪末青藏高原冻土面积减少81%、中西部山区冻土下界将升高100~200 cm; 20世纪50~90年代渤海及黄海北部冰情总体呈缓解趋势[35], 但未来可能出现强烈的年际变化, 某些年份仍然会出现重冰情况, 对北极“西北航道”应给予高度关注; 过去与未来河湖冰封冻期均呈减少趋势, 冰凌洪水灾害减弱; 封冻期缩短可能会对水生生态系统、水循环产生影响.

(ⅵ) 重大工程. 三峡工程库区极端气候事件趋强趋多, 汛期长江洪涝发生的频率增加, 将使三峡水库的运行风险增加[36]; 未来气候变化情景下, 南水北调工程调水区水资源量可能减少, 主要的受水区水资源可能有所增加[37,38]; 青藏铁路受影响较大[39,40], 因冻土退化面临路基变形风险[41]; 林业工程受气候暖干化影响, 未来可能导致造林成活率和生产力水平降低[42,43]; 气候变化增大塔里木河工程生态修复的难度[44,45], 降水的直接作用有限, 但预计径流增加将会增强水资源的保障性; 三江源工程植被受到气候变化的显著影响[46], 已实施的三江源工

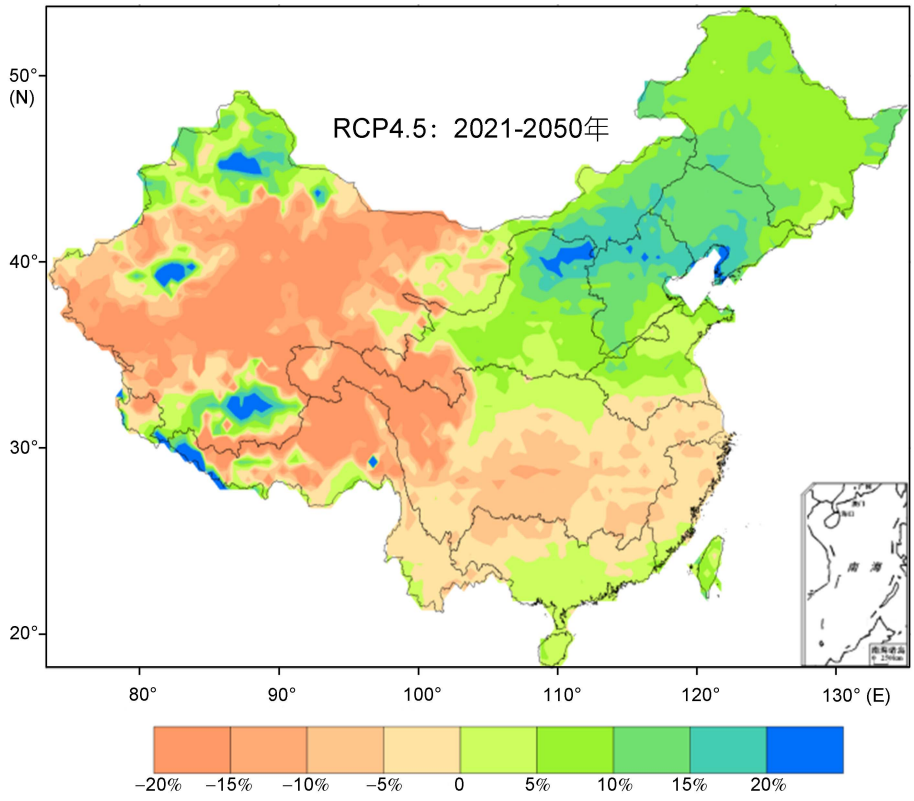



**图 2** RCP4.5 排放情景下 2021~2050 年水资源较基准期变化[1]

**Figure 2** Changes in total volume of water resource during 2021–2050 under the scenario of RCP4.5 relative to that of reference period[1]

程，使得土地覆被增加，沙漠化趋势得到抑制.

(ⅶ) 人体健康与环境质量. 气候变化对人体健康的研究处于初级阶段，主要集中在极端气候对健康影响与气候变化对媒介传播疾病影响，表现为间接、负面影响为主[47,48]. 气候变化对环境质量产生了可辨识的影响，但是这些影响较为多样，影响范围、程度及应对难度决定着影响的复杂性和人类社会适应能力.

(ⅷ) 气候变化对重点领域影响的区域特征. 肯定了第一、二次评估的结论[49]；补充了新的研究结果，如增加了中东部地区城市雾霾天气的增多，西南地区高原湖泊富营养化程度的加重等一些观测到的新问题的描述，同时增加城市内涝等内容. 不同区域主要影响领域及影响利弊如图3和表1.

## 1.2 气候变化适应技术与策略

适应气候变化包含3个层面，由气候变化影响与风险、适应技术研发、适应技术应用与保障组成，最终目标是有序适应气候变化. 此过程中包含3个主要步骤：首先，明晰适应起点，即前述气候变化对不同领域的影响与风险评估，明确不同区域、不同领域面临的气候变化关键问题，为有针对性的确定适应技术奠定基础；第二，适应技术研发，结合脆弱性与风险评估结果，梳理农业、水资源、生态系统、海岸带等不同领域适应气候变化技术清单，对适应气候变化技术的适用性进行分析，并对未来需求开展评估，构建不同领域适应气候变化综合技术体系；第三，技术应用示范与保障体系，针对不同领域、不同区域的气候变化影响与风险，提出具体而明确的适应气候变化技术应用示范方案，建立应气候变化试点示范基地，并从法制、机制、体制等方面加强适应气候变化的制度建设.

(ⅰ) 气候变化适应技术. 由于气候变化适应机理研究薄弱、领域和区域间适应技术差异较大，近期应以“技术先导”为核心，立足领域和区域适应技术挖掘、研发和应用示范，厘清重点领域和区域适应气候变化技术清单，增强适应技术研发及其领域可用性、区域适用性，重点任务包括(表2)(“十二五”国家

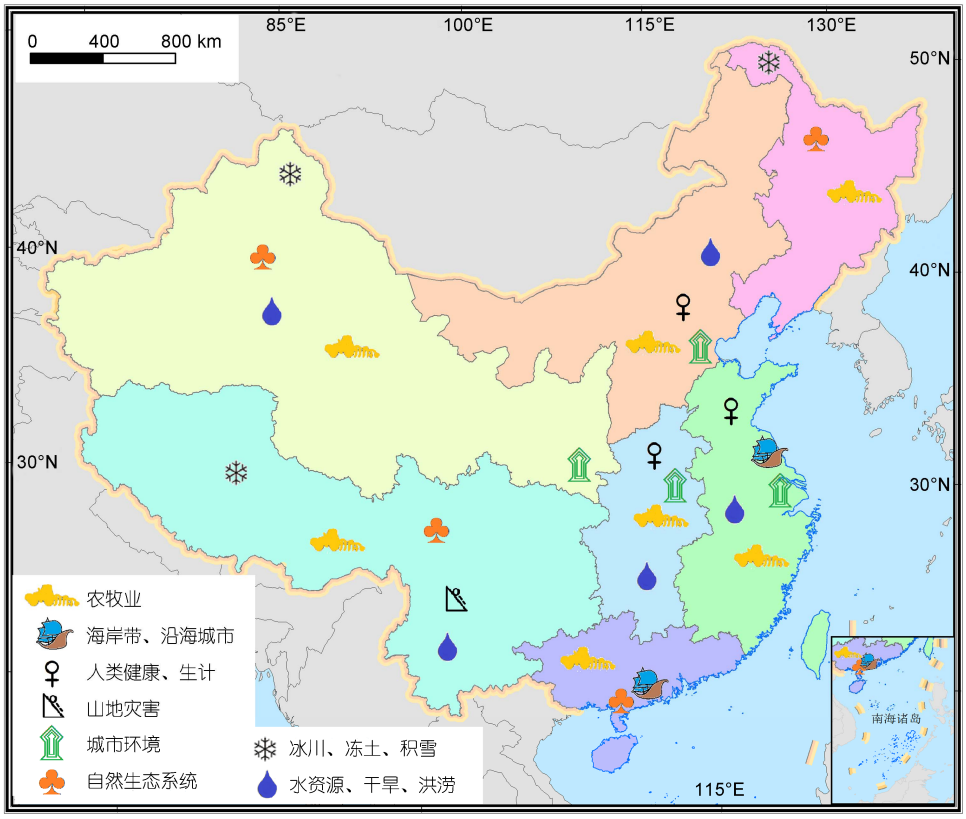



**图 3** 中国各区域气候变化影响的关键领域[1]

**Figure 3** The key influenced sectors under climate change for different regions of China[1]

应对气候变化科技发展专项规划): 极端天气气候事件预测预警技术; 干旱地区水资源开发与高效利用、合理配置与优化调度技术; 植物抗旱耐高温品种选育与病虫害防治技术; 典型气候敏感生态系统的保护与修复技术; 气候变化的影响与风险评估技术; 人体健康综合适应技术; 典型海岸带综合适应技术; 应对极端天气气候事件的城市生命线工程安全保障技术; 重点行业适应气候变化的标准与规范修订; 人工影响天气技术. 当前, 已在农业、水利、林业等部门, 以及青藏铁路等重大工程中开展气候变化适应工作, 尽管这些工作多是定性的, 且缺乏针对性.

(ⅱ) 适应气候变化的制度与政策. 中央政府高度重视气候变化适应, 制定了一系列相关的法规、政策和国家战略; 在国家、部门和地方的重要发展规划中, 包括了气候变化的适应内容. 全国人民代表大会于2009年正式发布《关于积极应对气候变化的决议》, 从法律层面指导我国应对气候变化工作的规划与实施. 当前, 我国正在开展《应对气候变化法》的编制工作, 适应气候变化作为保障国家气候安全, 推进生态文明建设, 实现经济社会可持续发展的重要方面, 列入《应对气候变化法》的指导范围. 此外, 我国已建立并逐步形成由国家应对气候变化领导小组统一领导、国家发展和改革委员会归口管理、各有关部门分工负责、各地方各行业广泛参与的应对气候变化管理体制和工作机制. 自2007年国务院发布《中国应对气候变化国家方案》以来, 政府各部门相继发布和实施了一大批适应气候变化相关的政策, 包括《国家适应气候变化战略》、《国家应对气候变化规划(2014~2020年)》、《海洋领域应对气候变化工作方案(2009~2015年)》等.

### 1.3 气候变化影响评估新特点

(ⅰ) 气候变化对重点领域影响评估更加全面. 针对重点领域, 气候变化影响评估范围和内容进一步更新和扩展, 如在农业领域, 已证明气候变化对中国主要农作物(包括小麦、玉米、大豆、水稻)的生长发育和产量产生了显著影响[50], 对未来粮食安全的影响评估也引入了社会经济要素; 在重大工程领域,

**表 2　重点任务(技术研发)及其对应的具体适应技术[1]**

**Table 2**　The key tasks (technology development) and the specific techniques[1]

| 重点任务 | 适应技术 |
|---|---|
| 气候变化影响-脆弱性-风险基础研究 | 极端天气气候事件预测预警技术；气候变化影响与风险评估技术；人工影响天气技术 |
| 重点领域气候变化适应技术体系 | 干旱地区水资源开发与高效利用、合理配置与优化调度技术；植物抗旱耐高温品种选育与病虫害防治技术；典型气候敏感生态系统的保护与修复技术；人体健康综合适应技术；典型海岸带综合适应技术；应对极端天气气候事件的城市生命线工程安全保障技术 |
| 重大工程和基础设施气候论证 | 重点行业适应气候变化的标准与规范修订；应对极端天气气候事件的城市生命线工程安全保障技术 |
| 社会经济系统适应能力提升 | 人体健康综合适应技术；典型海岸带综合适应技术；应对极端天气气候事件的城市生命线工程安全保障技术 |

所涉工程类型也有明显扩充，包括了三江源生态保护和建设工程以及“三北”防护林体系建设工程等. 另一方面，强调了评估领域与其他领域/部门的交互影响，如在气候变化背景下，评估了农业和水资源、生态系统以及农村环境的关联，生态系统与水利以及林业和农牧业等部门的交互作用等.

(ⅱ) 重点领域对气候变化响应过程研究的深入. 不同领域响应过程研究是气候变化影响的内在机制与评估工作的理论基础，当前对农业、水资源、自然生态系统响应气候变化的敏感性和脆弱性研究已受重视并获得初步结论. 例如，对比水稻随平均温度上升1℃、日较差升高1℃发生的相应变化，发现辐射下降10%导致水稻脆弱区范围最大[51,52]；温度每升高1℃，黄河中游径流量将减少9.6亿$m^3$，径流对降水增加比对减少更加敏感[53]；在IPCC-SRES的B2情景下，升温1℃导致生态系统正负效应相当，2℃开始负面影响程度逐渐增加(图4)[36].

(ⅲ) 评估方法与数据更加规范. 自从《第二次气候变化国家评估报告》[54]发布之后，对重点领域气候变化影响的评估，基本上应用了国际上通用的模型方法. 特别是，全面应用了IPCC的SRES气候情景数据预估未来气候变化影响，以往的增量情景方法基本上结束. 这样使中国的气候变化影响评估结果，具备了与国际上同类研究的可比性. 但是，由于研究与国际上相比有所滞后，因而IPCC推出的典型浓度路径情景(RCPs)[55]未能全面得到应用. 该报告中评估到的研究结果，只有一小部分涉及RCPs情景的内容[56,57].

(ⅳ) 辨识气候变化对不同领域和区域影响的利弊. 自然环境条件的复杂多样，以及社会经济状况的巨大差异，使得气候变化对中国不同领域与区域的影响程度差别各异，总体上判断是利弊共存、弊大于利(表1)[58]. 气候变化在一定程度上对我国农业、水资源、自然生态系统、冰冻圈环境等带来有利影响，但对所有评估领域都产生了不利后果. 对于重点区域而言，除了对东北地区、华北地区、华中地区、西北地区农业生产具有正面促进作用外，气候变化对重点区域关键领域的影响仍以负面效应为主.

## 2　气候变化影响与适应研究差距

《报告》对重点领域气候变化影响与适应进行了全面的评估，特别对气候变化适应技术的全面总结，增加了专门的章节，分析了气候变化适应技术的特点、分类和实施效果. 中国气候变化的影响与适应得到国家高层的重视，发布了国家战略、法律法规以及相关的政策. 重点行业也开始进行适应技术的应用[59~61]，且部分已经显示初步的效果. 但评估显示，气候变化影响仍然有许多问题需要解决，而且明确针对气候变化影响而设计的技术应用项目仍然为数

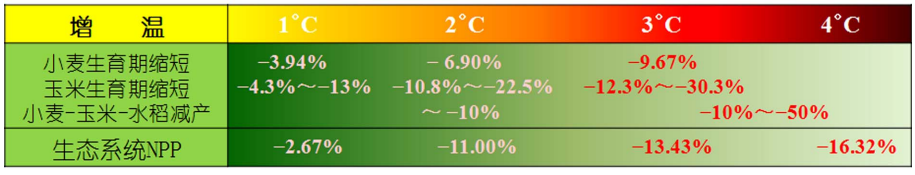



**图 4**　未来不同增温程度下农业和生态系统面临的问题

**Figure 4**　The future problems for agriculture and ecosystem due to different degrees of global warming

不多. 适应气候变化虽在研究领域有较为深刻的理解, 但气候变化适应也没有显示出为各行业和广大民众所认识, 政策与技术相互配合的协同效果也尚未体现出来.

### 2.1 气候变化影响机理与事实研究较为薄弱

尽管已有大量的实验观测、数理模型和统计方法应用于气候变化影响研究[62], 但多数研究结果属于"现象对现象", 难以揭示影响事实, 结果因而难以令人信服, 进而导致作为气候变化适应原则的"趋利避害"中的"利"、"害"定量表达不够明晰. 脆弱性和适应性已在气候变化影响研究中得以突出强调, 如生态系统受到气候变化等环境胁迫后, 其结构、功能和生境可能发生改变, 其中的胁迫幅度、速率和趋势决定了生态系统能否适应, 亦或处于脆弱状态[63]. 然而, 目前仅从农业、生态系统、水资源等领域初步开展了脆弱性研究, 而且大多尚处在定性描述阶段, 缺乏机理性研究和定量评估.

### 2.2 气候与非气候因子的影响检测亟需加强

应对气候变化行动, 需要对气候变化影响及其空间格局有全面、系统、综合的认识. 多数情况下, 不同领域时空演变受到气候变化与其他因素(特别是人口、经济、土地利用和技术发展等)的共同影响, 这些因素的作用程度和受体的脆弱性也是不断变化的, 许多科学的挑战在于分离气候变化与人类活动影响, 进而指导具体的和本地化的应对措施的制定. 目前的研究并未有效分离出气候变化的影响, 导致我国对气候变化影响的评价存在较大的不确定性, 难以形成对气候变化影响的统一认识, 成为制约适应行动有效开展的重要瓶颈.

### 2.3 未来气候变化风险研究不确定性显著

由于气候变化与陆地-海洋系统的复杂性以及人类认知的局限性, 目前气候变化对重点领域风险预估的程度和范围还存在较大的不确定性, 包括气候系统过程与反馈的极端复杂性、未来温室气体排放情景设计导致的气候变化时空动态和演化趋势的不确定性, 以及相关承险体变动的不确定性. 在影响评估与风险预估方面, 由于主要采用国际上的物理机制模型, 这些模型应用于中国的适用性尚需深入研究, 目前部分结果与实际情况可能相差较大. 此外, 研究的深入程度在领域之间也存在较大的差异, 如对气候变化农业影响的评估做了大量工作[64,65], 但关于森林、草地和牧业以及人类健康等的影响, 研究还相对较少, 学科与领域之间的交叉综合更是缺乏.

### 2.4 气候变化适应技术的基础薄弱

过去的半个多世纪中, 中国在农业、水资源、林业等部门, 以及青藏铁路等重大工程中取得了重要进展. 虽然这些措施并非完全是针对气候变化的适应, 但其效果对今后的适应行动有借鉴作用. 目前多数是定性研究, 针对具体影响程度进行定量适应的案例尚不多见, 同时缺乏行业可操作性的适应技术清单. 气候变化适应技术的表达方式、选择的理论依据以及适应性效果分析还比较薄弱, 尤其在应对气候变化的适应性成本效益方法分析方面的研究和成果还很有限[66].

### 2.5 建立完善的适应气候变化协调机制势在必行

当前中国适应气候变化战略、政策法规、技术等之间的协调与合力不足; 以定性适应战略为主导的适应气候变化工作, 尚不能满足有效应对复杂多变的风险管理形势与社会经济快速发展形势; 从保障国家经济社会可持续发展的视角, 尚缺乏一个更加完善的政策-法规-技术综合体系.

### 2.6 适应气候变化能力建设亟待加强

目前尚未建立起适应气候变化的资金机制, 政府财政支出中缺乏适应专项预算科目. 适应资金的相关政策和法规尚未建立, 民间资金缺乏合理的投资渠道, 缺乏引导、鼓励企业投资的有效措施. 相对于减缓而言, 社会公众对适应的科学内涵认识不足, 决策部门对适应的重要性认识不够, 影响了适应行动的有效开展.

## 3 气候变化影响与适应研究展望

### 3.1 降低气候变化影响认识的不确定性

由于观测到的各领域变化大多是气候与非气候影响因素共同作用的结果, 目前评估单纯源于气候变化的影响还相对比较困难. 对未来气候变化的预测能力, 是适应气候变化能否有效开展的基础, 而最大限度减小其预估的不确定性, 应是未来适应气候

变化最根本的基础科学问题. 理论上, 对气候变化的调整和应对只能针对“人为气候”的部分, 因此解决的途径是, 设法将影响中气候与非气候因素定量分离, 降低影响评估的不确定性, 其中气候数据、模型模拟与多模式集合, 实验-试验是最基础的技术途径.

### 3.2 提高定量化风险评估水平

对气候变化风险进行识别和定量评估是风险管理的基础, 同时也是适应气候变化需要解决的重要科学问题.《报告》指出气候变化风险体现了脆弱性、暴露量和危险性综合作用的结果. 当务之急, 一是要实现概念框架的定量化评估, 二是在未来社会经济与资源环境的发展趋势需要有一个合理的预估, 此两者对量化气候变化风险不可或缺. 需要特别指出的是, IPCC第五次评估报告突出强调了“关键风险”的概念, 即社会经济和生态系统暴露于高危险或呈现高脆弱度时的气候变化风险, 并指出当前已在人体健康、基础设施、粮食安全、生态系统等领域检测出关键风险. 相对比而言, 《报告》中大部分相关内容为评估领域未来演化趋势预估, 对于关键风险识别与风险定量评估很欠缺.

### 3.3 增强气候变化影响与风险的综合交叉

单一领域或部门中, 影响评估工作具有较好的基础, 风险的评估也逐步展开, 但基本局限在各自研究领域的范围内, 敏感区域影响研究也是集中在各自的学科领域. 然而, 气候变化的影响与风险是跨领域甚至跨区域的, 往往综合作用于自然和社会经济系统[67]. 《报告》在农业、森林与其他自然生态系统的章节, 对于评估领域与其他部分的交互作用进行总结、评估, 如指出气候变化对农业的影响与水资源受到的影响密切相关, 而要解决水资源的问题, 又可能涉及到自然生态系统的水源涵养服务. IPCC第五次评估报告进一步指出, 与气候有关的危害通过影响生计、减少农作物产量或毁坏民宅等方式直接影响贫困人口的生活, 并通过诸如粮食价格上涨和粮食安全风险增加等间接影响其福祉(高信度). 因此, 要加强研究和发展跨部门、跨领域的综合评估模式, 建立自然、生态、社会、经济的联系, 同时落实到敏感的区域上. 只有这样, 才有可能作为适应气候变化的基础, 为国家制定未来社会、经济和生态可持续发展战略规划提供科学依据[68].

### 3.4 趋利避害适应原则

遵循“趋利避害”原则适应气候变化已经成为决策者和学者的共识. 充分利用气候变化带来的有利因素, 最大限度地减少气候变化带来的不利影响, 变挑战为机遇, 保障经济社会的可持续发展. 例如, 在农业上充分利用气候变暖带来的热量资源和无霜期延长等有利条件, 采取调整种植结构和作物布局、改变耕作制度、提高复种指数和开发新品种等一系列措施, 提高作物产量, 保障国家粮食安全, 同时发展反季节果蔬; 而对粮食生产、水资源利用、生态系统、海岸带环境、重大工程运行、区域发展等的诸多不利影响, 则需要采取避害的适应措施.

### 3.5 有序适应机制

适应气候变化需要一个机制进行社会、经济、政策、技术的协调, 而且必须突出这个机制的有序性, 使各个方面发挥最佳效益. 重点包括两个方面的内容: 一是技术措施集成创新, 针对单一领域或区域无法解决整体对气候变化适应的问题, 应以问题为导向, 推进综合集成, 增强领域间的协同和区域间的联动, 重点融合生物技术与信息技术, 研发农业与生态灾害链风险防控技术; 推动实现水-粮食-生态集成适应气候变化技术体系; 在长三角、珠三角、京津冀、丝绸之路经济带等经济一体化区域进行示范; 二是推动实施整体有序适应气候变化策略, 在机制体制方面, 机构统筹规划, 国家发展和改革委员会与农、林、水、能源、交通、工业等部门的联动; 在法制和政策方面, 规章制度与资金有力保障, 将自然科学与社会科学的技术手段有机结合起来, 着力推进适应气候变化制度安排、战略规划完善、法律体系构建、适应政策优化、以及实施流程常规化.

### 3.6 定量适应措施

定量显示适应气候变化的结果, 是应对气候变化的重要组成内容, 同时可使政府、企业到民众广泛认识适应气候变化的具体效果. 首先, 根据评估到的影响程度, 建立适应气候变化的定量目标. 进而在国家层面上对国内外各适应技术进行集成, 加强相关行业和领域的适应技术的相互联系, 定量分析技术合理性与经济可行性. 最后在实现适应气候变化的技术可行性的基础上, 需要进一步研究成本-效益的合理性, 开发成本-效益分析、多目标分析和风险-效

益分析等方法评估适应的效果.

## 4 结语

过去30多年, 国际科学界突出气候变化影响和风险研究, 以界定气候变化的利弊影响、定量评估未来风险, 为制定应对气候变化政策和行动提供强有力的科技支撑. 在科学发展的推动和社会需求的刺激下, 气候变化影响与适应已成为全球变化研究的前沿领域, 近几十年来得到了蓬勃发展. 《报告》第二部分旨在全面评估中国的科学界对气候变化影响与适应的新认识, 预估对未来不同领域和区域可能受到气候变化的负面影响, 反映科学界对应对气候变化的重要方面——适应的研究程度, 同时也力求反映科学界对深入研究气候变化影响与适应的重点.

(1) 概述重点领域(农业、水资源、能源与交通、生态系统和海岸带等)进行影响评估的主要方法和工具; 增加了IPCC第五次评估报告所用的典型排放路径(RCPs)的应用; 总结了气候变化影响评估研究的优先领域和差距, 今后影响与风险研究的重点是降低不确定性, 提高定量化水平, 加强综合交叉.

(2) 不同行业逐步采取了适应气候变化的措施, 但并非完全是有计划的适应, 需要加强有序、定量适应的研究; 以趋利与避害原则进行"适应", 特别在农业、生物多样性、湿地生态系统、重大工程、海岸带等领域上有较为具体的技术措施和计划实施行动, 并且在科学研究和能力建设上有较大的投入.

(3) 与"减缓"气候变化相比, 针对适应气候变化的政策尚远不能保障适应的顺利实施, 适应气候变化的政策与法律保障, 今后应该具有与技术手段和经济效益同等重要的地位, 并进行深入的研究, 以支撑适应气候变化取得预期的成效.

2014年, IPCC第五次评估报告第二工作组报告正式发布, 与其相比, 《报告》在前沿领域的把握、内容总结的系统性、科学认知与制度建设的推动等方面, 均体现了我国科技界和政府的贡献和担当, 同时也可以发现其中存在的一些问题. 在影响评估领域, 我国学者高度重视IPCC所提出的脆弱性、影响分离、综合交叉、关键风险等先进理念, 但在具体评估工作中却又往往脱离其内涵, 包括脆弱性过程与机制研究的薄弱、交叉研究难以突破、风险定量化不足、关键风险识别尚未开展等. 在适应气候变化领域, 尽管各部门已推出类型丰富的技术体系, 但与传统行业或领域边界不清, 缺乏气候要素变化的针对性, 适应技术研发与影响评估和风险预估研究分离, 更为重要的是, 当前仍缺乏对作为适应战略实施方案的发展路线图的整体思考与设计, 这对适应技术的应用示范和制度保障, 甚至整体有序适应目标的实现造成不利影响.

## 参考文献


1 Editing Commission of the Third National Report on Climate Change of China. The Third National Report on Climate Change (in Chinese). Beijing: Science Press, 2015 [《第三次气候变化国家评估报告》编委会. 第三次气候变化国家评估报告. 北京: 科学出版社, 2015]

2 Tao F L, Zhang S A, Zhang Z. Spatiotemporal changes of wheat phenology in China under the effects of temperature, day length and cultivar thermal characteristics. Eur J Agron, 2012, 43: 201–212

3 Hao X Y, Han X, Ju H, et al. Impact of climatic change on soybean production: A review (in Chinese). Chin J Appl Ecol, 2010, 21: 2697–2706 [郝兴宇, 韩雪, 居辉, 等. 气候变化对大豆影响的研究进展. 应用生态学报, 2010, 21: 2697–2706]

4 Qin D H, Ding Y J, Mu M, et al. The Evolution of Climate and Environment in China: Impact and Vulnerability, Vol 2 (in Chinese). Beijing: Chinese Meteorological Press, 2012 [秦大河, 丁永建, 穆穆, 等. 中国气候与环境演变: 影响与脆弱性. 第二卷. 北京: 气象出版社, 2012]

5 Ci L J. The impact of global change on desertification in China (in Chinese). J Nat Resour, 1994, 9: 289–303 [慈龙骏. 全球变化对我国荒漠化的影响. 自然资源学报, 1994, 9: 289–303]

6 Ci L J, Yang X H, Chen Z X. The potential impacts of climate change scenarios on desertification in China (in Chinese). Earth Sci Front, 2002, 9: 287–294 [慈龙骏, 杨晓晖, 陈仲新. 未来气候变化对中国荒漠化的潜在影响. 地学前缘, 2002, 9: 287–294]

7 Zhou G S, Zhang X S. Study on NPP of natural vegetation in China under global climate change (in Chinese). Acta Phytoecol Sin, 1996, 20: 11–19 [周广胜, 张新时. 全球气候变化的中国自然植被的净第一性生产力研究. 植物生态学报, 1996, 20: 11–19]

8 Piao S, Ciais P, Huang Y, et al. The impacts of climate change on water resources and agriculture in China. Nature, 2010, 467: 43–51

9 Huo Z G, Li M S, Li N, et al. Impacts of seasonal climate warming on crop diseases and pests in China (in Chinese). Sci Agric Sin, 2011,

45: 2168–2179 [霍治国, 李茂松, 李娜, 等. 季节性变暖对中国农作物病虫害的影响. 中国农业科学, 2011, 45: 2168–2179]
10 Pan G X, Gao M, Hu G H, et al. Impacts of climate change on agricultural production of China (in Chinese). J Agro-Environ Sci, 2011, 30: 1698–1706 [潘根兴, 高民, 胡国华, 等. 气候变化对中国农业生产的影响. 农业环境科学学报, 2011, 30: 1698–1706]
11 Ye L, Xiong W, Li Z, et al. Climate change impact on China food security in 2050. Agron Sust Dev, 2013, 33: 363–374
12 Tang Q, Oki T, Kanae S, et al. Hydrological cycles change in the Yellow River basin during the last half of the twentieth century. J Clim, 2008, 21: 1790–1806
13 Ye B S, Chen P, Ding Y J, et al. Discharge changes of the eight large rivers in east Asia during the last more than 100 years (in Chinese). J Glaciol Geocryol, 2008, 30: 556–561 [叶柏生, 陈鹏, 丁永建, 等. 100 多年来东亚地区主要河流径流变化. 冰川冻土, 2008, 30: 556–561]
14 Wang G Q, Zhang J Y, Liu J F, et al. The sensitivity of runoff to climate change in different climatic regions in China (in Chinese). Adv Water Sci, 2011, 22: 307–314 [王国庆, 张建云, 刘九夫, 等. 中国不同气候区河川径流对气候变化的敏感性. 水科学进展, 2011, 22: 307–314]
15 Li R P, Zhou G S. Responses of woody plants phenology to air temperature in Northeast China in 1980–2005 (in Chinese). Chin J Ecol, 2010, 29: 2317–2326 [李荣平, 周广胜. 1980~2005 年中国东北木本植物物候特征及其对气温的响应. 生态学杂志, 2010, 29: 2317–2326]
16 Li R P, Zhou G S, Guo C M, et al. Phenology characteristics of *Ulmus* pumila and its simulation from 1981 to 2005 in Northeast China (in Chinese). J Meteorol Environ, 2008, 24: 20–24 [李荣平, 周广胜, 郭春明, 等. 1981~2005 年中国东北榆树物候变化特征及模拟研究. 气象与环境学报, 2008, 24: 20–24]
17 Lü J H, Bai J, Su L J, et al. Impact of climate warming on phenophases in Huhhot (in Chinese). Meteorol Sci Technol, 2012, 40: 299–303 [吕景华, 白静, 苏利军, 等. 气候变暖对呼和浩特地区自然物候的影响. 气象科技, 2012, 40: 299–303]
18 Guo Z X, Zhang X N, Wang Z M, et al. Responses of vegetation phenology in Northeast China to climate change (in Chinese). Chin J Ecol, 2010, 29: 578–585 [国志兴, 张晓宁, 王宗明, 等. 东北地区植被物候对气候变化的响应. 生态学杂志, 2010, 29: 578–585]
19 Zhong S Y, Zheng J Y, Ge Q S. Dynamics of autumn phenophase of woody plants in Beigjing region in 1962–2007 (in Chinese). Chin J Appl Ecol, 2008, 19: 2352–2356 [仲舒颖, 郑景云, 葛全胜. 1962~2007 年北京地区木本植物秋季物候动态. 应用生态学报, 2008, 19: 2352–2356]
20 Ge Q, Wang H, Dai J. Phenological response to climate change in China: A meta-analysis. Glob Change Biol, 2015, 21: 265–274
21 Liu S, Zhou T, Wei L, et al. The spatial distribution of forest carbon sinks and sources in China. Chin Sci Bull, 2012, 57: 1699–1707
22 Ren W, Tian H, Tao B, et al. Impacts of tropospheric ozone and climate change on net primary productivity and net carbon exchange of China's forest ecosystems. Glob Ecol Biogeogr, 2011, 20: 391–406
23 Ma J J, Zhang Z Y, Liu H. The study of climatic type change for recent 50 years in North China (in Chinese). Chin J Agrometeorol, 2011, 32(Suppl 1): 9–14 [马京津, 张自银, 刘洪. 华北区域近 50 年气候态类型变化分析. 中国农业气象, 2011, 32(增刊 1): 9–14]
24 Yan Z L, Zhou H K, Liu W, et al. Preliminary discuss on grassland degradation in the source region of Yangtze and Yellow Rivers (in Chinese). Grassland China, 2003, 25: 73–78 [严作良, 周华坤, 刘伟, 等. 江河源区草地退化状况的成因. 中国草地, 2003, 25: 73–78]
25 Li Y N, Zhao X Q, Zhao L, et al. Analysis of vegetation succession and climate change in Haibei Alpine Marsh in the Qilian Mountains (in Chinese). J Glaciol Geocryol, 2003, 25: 243–249 [李英年, 赵新全, 赵亮, 等. 祁连山海北高寒湿地气候变化及植被演替分析. 冰川冻土, 2003, 25: 243–249]
26 Wu S, Yin Y, Zhao D, et al. Impact of future climate change on terrestrial ecosystems in China. Int J Climatol, 2010, 30: 866–873
27 Ding Y J, Qin D H. Cryosphere change and global warming: Impact and challenges in China (in Chinese). China Basic Sci, 2009, 11: 4–10 [丁永建, 秦大河. 冰冻圈变化与全球变暖: 我国面临的影响与挑战. 中国基础科学, 2009, 11: 4–10]
28 Yao X J, Liu S Y, Guo W Q, et al. Glacier change of Altay Mountain in China from 1960 to 2009—Based on the Second Glacier Inventory of China (in Chinese). J Nat Resour, 2012, 27: 1734–1745 [姚晓军, 刘时银, 郭万钦, 等. 近 50 a 来中国阿尔泰山冰川变化——基于中国第二次冰川编目成果. 自然资源学报, 2012, 27: 1734–1745]
29 Yao Z J, Duan R, Dong X H, et al. The progress and trends of glacial lakes research on Qinghai-Tibet Plateau (in Chinese). Prog Geogr, 2010, 29: 10–14 [姚治君, 段瑞, 董晓辉, 等. 青藏高原冰湖研究进展及趋势. 地理科学进展, 2010, 29: 10–14]
30 Jin H, Yu Q, Lü L, et al. Degradation of permafrost in the Xing'anling mountains, northeastern China. Permafrost Periglacial Process, 2007, 18: 245–258
31 Zhao L, Wu Q, Marchenko S, et al. Thermal state of permafrost and active layer in central asia during the international polar year. Permafrost Periglacial Process, 2010, 21: 198–207
32 Huang F, Di H, Hu B B, et al. Decadal regime shift of Arctic sea ice and corresponding changes of extreme low temperature (in Chinese). Clim Change Res Lett, 2014, 3: 39–45 [黄菲, 狄慧, 胡蓓蓓, 等. 北极海冰的年代际转型及极端低温变化特征. 气候变化研究快报, 2014, 3: 39–45]

33 Wu Q, Niu F. Permafrost changes and engineering stability in Qinghai-Xizang Plateau. Chin Sci Bull, 2013, 58: 1079–1094

34 Yang M, Nelson F E, Shiklomanov N I, et al. Permafrost degradation and its environmental effects on the Tibetan Plateau: A review of recent research. Earth-Sci Rev, 2010, 103: 31–44

35 Tang M N, Liu Y, Li B H, et al. Analysis of the sea ice long-term trend in the Bohai Sea and the northern Yellow Sea (in Chinese). Mar Forecasts, 2012, 29: 45–49 [唐茂宁, 刘煜, 李宝辉, 等. 渤海及黄海北部冰情长期变化趋势分析. 海洋预报, 2012, 29: 45–49]

36 Zhang J M, Huang C Y, Wu J D. Impacts of climate change on risk in running of the Three Gorges Reservoir (in Chinese). Acta Geogr Sin, 2000, 55(Suppl 1): 26–33 [张建敏, 黄朝迎, 吴金栋. 气候变化对三峡水库运行风险的影响. 地理学报, 2000, 55(增刊 1): 26–33]

37 He R M, Wang G Q, Zhang J Y, et al. Impacts of climate change on large-size water projects in China (in Chinese). China Water Resour, 2008, 2: 52–54 [贺瑞敏, 王国庆, 张建云, 等. 气候变化对大型水利工程的影响. 中国水利, 2008, 2: 52–54]

38 Wang X C. Tech-economic analysis on west route project of South-to-North Water Diversion (in Chinese). J Eng Stud, 2013, 4: 332–340 [王学潮. 南水北调西线工程技术经济分析. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2013, 4: 332–340]

39 Wu Q, Zhang T. Recent permafrost warming on the Qinghai-Tibetan Plateau. J Geophys Res: Atmos (1984–2012), 2008, 113: 3614

40 Jin H J, Sun L P, Wang S L, et al. Dual influences of local environmental variables on ground temperatures on the interior-eastern Qinghai-Tibet Plateau (I): Vegetation and snow cover (in Chinese). J Glaciol Geocrylol, 2008, 30: 535–545 [金会军, 孙立平, 王绍令, 等. 青藏高原中、东部局地因素对地温的双重影响(I): 植被和雪盖. 冰川冻土, 2008, 30: 535–545]

41 Mu Y, Ma W, Wu Q, et al. Thermal regime of conventional embankments along the Qinghai-Tibet railway in permafrost regions. Cold Reg Sci Technol, 2012, 70: 123–131

42 Jiao S R. Studies of the hydrologic dynamics in the Mongolian Pine plantations in Zhanggutai, Liaoning Province (in Chinese). Acta Phytoecol Geobot Sin, 1987, 11: 296–307 [焦树仁. 辽宁章古台樟子松人工林水分动态的研究. 植物生态学与地植物学学报, 1987, 11: 296–307]

43 Zhu J J, Li F Q. Forest degradation/decline research and practice (in Chinese). Chin J Appl Ecol, 2007, 18: 1601–1609 [朱教君, 李凤芹. 森林退化/衰退的研究与实践. 应用生态学报, 2007, 18: 1601–1609]

44 Chen Y, Xu Z. Plausible impact of global climate change on water resources in the tarim river basin. Sci China Ser D: Earth Sci, 2005, 48: 65–73

45 Shi Y F, Shen Y P, Hu R J. Preliminary study on signal, impact and foreground of climatic shift from Warm-Dry to Warm-Humid in Northwest China (in Chinese). J Glaciol Geocryol, 2002, 24: 219–226 [施雅风, 沈永平, 胡汝骥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号, 影响和前景初步探讨. 冰川冻土, 2002, 24: 219–226]

46 Lu Y G, Liu X, Zhang Z D. An analysis of characteristics and driving forces of land desertification in Sanjiangyuan region (in Chinese). Remote Sens Land Resour, 2015, 86(Suppl 1): 80–84 [路云阁, 刘晓, 张振德. 近 32 年三江源地区土地沙化特征及驱动力分析. 国土资源遥感, 2015, 86(增刊): 80–84]

47 Chen W J, Li C X, Lin M H, et al. Study on the suitable duration for dengue fever (DF) transmission in a whole year and potential impact on DF by global warming in Hainan Province (in Chinese). China Trop Med, 2002, 2: 31–34 [陈文江, 李才旭, 林明和, 等. 海南省全年适于登革热传播的时间以及气候变暖对其流行潜势影响的研究. 中国热带医学, 2002, 2: 31–34]

48 Zhou X N. Potential impacts of climate change on human health (in Chinese). Adv Clim Change Res, 2010, 6: 235–240 [周晓农. 气候变化与人体健康. 气候变化研究进展, 2010, 6: 235–240]

49 Wu S H, Zhao Y, Tang Q H, et al. Land surface pattern study under the framework of Future Earth (in Chinese). Prog Geogr, 2015, 34: 10–17 [吴绍洪, 赵艳, 汤秋鸿, 等. 面向"未来地球"计划的陆地表层格局研究. 地理科学进展, 2015, 34: 10–17]

50 Tao F, Zhang Z, Zhang S, et al. Response of crop yields to climate trends since 1980 in China. Clim Res, 2012, 54: 233–247

51 Tao F, Zhang Z, Shi W, et al. Single rice growth period was prolonged by cultivars shifts, but yield was damaged by climate change during 1981–2009 in China, and late rice was just opposite. Glob Change Biol, 2013, 19: 3200–3209

52 Xiong W, Yang J, Wu W B, et al. Sensitivity and vulnerability of China's rice production to observed climate change (in Chinese). Acta Ecol Sin, 2013, 33: 509–518 [熊伟, 杨婕, 吴文斌, 等. 中国水稻生产对历史气候变化的敏感性和脆弱性. 生态学报, 2013, 33: 509–518]

53 Zhang J Y, Wang G Q, He R M, et al. Variation trends of runoffs in the Middle Yellow River basin and its response to climate change (in Chinese). Adv Water Sci, 2009, 20: 153–158 [张建云, 王国庆, 贺瑞敏, 等. 黄河中游水文变化趋势及其对气候变化的响应. 水科学进展, 2009, 20: 153–158]

54 Editing Commission of the Second National Report on Climate Change of China. The Second National Report on Climate Change (in Chinese). Beijing: Science Press, 2011 [《第二次气候变化国家评估报告》编委会. 第二次气候变化国家评估报告. 北京: 科学出版社, 2011]

55 IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis: Working Group I. Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014

56 Van Vuuren D P, Riahi K, Moss R, et al. A proposal for a new scenario framework to support research and assessment in different climate research communities. Glob Environ Change, 2012, 22: 21–35
57 Zhang J, Cao L G, Li X C, et al. Advances in shared socio-economic pathways in IPCC AR5 (in Chinese). Adv Clim Change Res, 2013, 9: 225–228 [张杰, 曹丽格, 李修仓, 等. IPCC AR5 中社会经济新情景(SSPs)研究的最新进展. 气候变化研究进展, 2013, 9: 225–228]
58 Wu S H, Huang J K, Liu Y H, et al. Pros and cons of climate change in China (in Chinese). China Popul Resour Environ, 2014, 24: 7–13 [吴绍洪, 黄季焜, 刘燕华, 等. 气候变化对中国的影响利弊. 中国人口资源与环境, 2014, 24: 7–13]
59 Chen M, Sun F, Berry P, et al. Integrated assessment of China's adaptive capacity to climate change with a capital approach. Clim Change, 2015, 128: 367–380
60 Jin J J, Gao Y W, Wang X M, et al. Farmers' risk preferences and their climate change adaptation strategies in the Yongqiao district, China. Land Use Policy, 2015, 47: 365–372
61 Zhang H L, Zhao X, Yin X G, et al. Challenges and adaptations of farming to climate change in the North China Plain. Clim Change, 2015, 129: 213–224
62 IPCC. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2012
63 IPCC. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2014
64 Chen S, Chen X, Xu J. Impacts of climate change on agriculture: Evidence from China. J Environ Econ Manag, 2015
65 Li Y, Xiong W, Hu W, et al. Integrated assessment of China's agricultural vulnerability to climate change: A multi-indicator approach. Clim Change, 2015, 128: 355–366
66 Liu Y H, Qian F K, Wang W T, et al. Research of adaptive technology framework of addressing climate change (in Chinese). China Popul Resour Environ, 2013, 23: 1–6 [刘燕华, 钱凤魁, 王文涛, 等. 应对气候变化的适应技术框架研究. 中国人口资源与环境, 2013, 23: 1–6]
67 Future Earth. Future earth initial design: Report of the transition team. Paris, FRA: International Council for Science (ICSU)[R/OL]. 2013. http://www.futureearth.org/media/future-earth-initial-design-report
68 Future Earth. Future earth 2025 vision. Paris, FRA: International Council for Science (ICSU)[R/OL]. 2014. http://www.futureearth.org/media/futureearth-2025-vision.

# Climate change impacts and adaptation in China: Current situation and future prospect

WU ShaoHong[1,2], LUO Yong[3], WANG Hao[4], GAO JiangBo[1,2] & LI ChuanZhe[4]

[1] *Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;*
[2] *Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;*
[3] *Center of Earth System Science, Tsinghua University, Beijing 100084, China;*
[4] *State Key Laboratory of Simulation and Regulation of Water Cycle in River Basin, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China*

The target of average global 2°C warming compared to pre-industrial times was agreed by more than 100 countries, and was adopted at COP 21 (21st session of the Conference of the Parties) to the UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) in 2015. However, even if the INDCs (Intended Nationally Determined Contributions) for 2025 and 2030 could be fully implemented in the future, a warming of around 2.7°C at least above pre-industrial would appear before 2100, which will result in negative impacts and risks for agriculture, natural ecosystem, socio-economic system, etc. Therefore, assessment on the climate change impacts and application of adaptation measures against climate change risks have been commonly accepted by the governments, scientific communities and international organizations.

The newly-published *Third Assessment Report of the Chinese Climate Change* had assessed the newest findings about the impacts and adaptations of climate change in China, which was continually studied by Chinese scholars after the second assessment report. Most researchers have reached a consensus that the impacts of climate change had emerged in different fields (such as agriculture, water resource, ecosystem, cryosphere, and coastal zone) and areas of China. Climate change impacts have pros and cons, while the disadvantages outweighed, especially for the further warming under climate change scenarios. The characteristics of the impact assessments include: the assessment on the impacts of climate change on the key sectors are more comprehensive, the studies on the responding processes to the climate change for important sectors are more thorough, the assessing methods and data are more standardization, the pros and cons of climate change impacts were identified for different fields and areas.

And then, this article analyzed the research gaps for the studies on the impacts and adaptations of climate change. Although several studies were entitled as 'climate change impact', the influencing mechanism was poorly investigated. For example, most former studies just compared the range and trend of climate change with the changes in sectoral aspects, lacking the responding processes-based studies for vulnerability and adaptation. The impacts from climate factors and non-climate factors are difficult and hardly to separate, which, together with difficulties in climate change simulation and projection, caused the significant uncertainty in climate change risk assessment. As for the climate change adaptation, due to the above-mentioned problems existing in research on climate change impacts, the scientific basis for development of adaptive technologies is rather weak. Furthermore, in order to promote climate change adaptation, adaptive mechanism and capacity building are urgent to be strengthened. And last, the paper pointed out that the future studies should concentrate on reducing the research uncertainties for the impacts of climate change, the improvement of the quantitative level of risk assessment, enhancing the multi-disciplinarity studies, application of the adaptation principle of benefit tending and harm avoiding, promoting the orderly adaptation mechanism and the measurement of quantitative adaptation.

**climate change, impacts and adaptation, current situation, future prospect, China**

doi: 10.1360/N972015-01240