



中原学术文库·青年丛书

气候变化与我国粮食主产区 粮食安全研究

THE STUDY ON CLIMATE CHANGE AND FOOD SECURITY IN
THE MAJOR GRAIN PRODUCING AREAS IN CHINA

彭俊杰 / 著



彭俊杰

河南省社会科学院城市与环境研究所助理研究员，主要研究方向为气候变化、区域经济。主持和参与承担完成各类课题 20 余项，其中主持完成国家自然科学基金青年项目 1 项，河南省科技计划项目 3 项，河南省政府决策招标项目 2 项，参与国家自然科学基金、国家自然科学基金、河南省科技计划、河南省社科规划等项目 10 余项。先后在 *Quaternary International*、*Dendrochronologia*、*Journal of Arid Environments*、*Global and Planetary Change*、《应用生态学报》、《世界科技研究与进展》、《中州学刊》、《世界农业》、《河南日报》（理论版）等报刊发表相关学术论文 20 余篇，有多项研究成果得到省委省政府主要领导批示。

本书获 2014 年度国家社会科学基金青年项目资助、
河南省社会科学院哲学社会科学创新工程试点经费资助



中原学术文库·青年丛书

气候变化与我国粮食主产区 粮食安全研究

THE STUDY ON CLIMATE CHANGE AND FOOD SECURITY IN
THE MAJOR GRAIN PRODUCING AREAS IN CHINA

彭俊杰 / 著

前 言

气候变化一直是全世界范围内普遍关注的问题。近百年来，全球气候发生了显著的变化，主要以气候变暖的方式表现。据 IPCC 第五次评估报告，1880~2012 年，全球地表温度上升了 0.85℃，预计到本世纪末全球地表温度可能再上升 0.3~4.8℃。气候变化引发地球表层大气、水文、土壤和生物过程的变化，已经并将持续对自然和社会经济系统产生重大影响，给人类社会的可持续发展带来巨大挑战。如果未来气温与工业化前相比升高 2℃，由此产生的海平面抬升、旱涝灾害、生态功能退化、食品（饮水）安全、疾病流行等问题，将会造成全球经济年均损失 0.2%~2.0%，还有可能导致族群矛盾、社会动荡，甚至威胁到人类自身生存。

全球变暖在我国表现得也非常显著。近百年来我国陆地气温增加了 0.9℃，幅度高于全球平均水平。气候变暖以及日益频发的极端天气气候事件已经对我国粮食安全、水安全、生态安全和城市安全等造成严重威胁。据统计，21 世纪以来，气象灾害已造成全国平均每年 2000 人死亡，累计直接经济损失超过 4.5 万亿元。气候变暖导致的海平面抬升、沿海灾害风险加剧、物候期变化、土地退化和荒漠化等，已逐渐影响我国沿海城市发展、农业生产以及北方农牧交错带等脆弱生态区生态系统功能的提升。

习近平总书记在党的十九大报告中明确提出，确保国家粮食安全，把中国人的饭碗牢牢端在自己手中。粮食主产区是我国粮食安全的重要保障，是保障国家生存和发展不可或缺的组成部分。2016 年，我国 13 个粮食主产区粮食产量占全国粮食产量的 75% 以上，特别是黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、山东和河南七个省份的粮食产量占全国粮食总产量的一半以上，粮食主产区的粮食安全地位异常重要。但是，随着全球变暖的大范围深刻影响，粮食主产区的气候变化也不容乐观，近 60 年来粮食主产区年平均温度上升了 0.22~0.35℃，农业病虫害面积增加约 4.7 倍，以干旱为代

表的极端气候事件发生频率和强度也呈增加趋势。尤其是近 20 年来我国由旱灾造成的粮食减产损失为每年 1500 万 ~ 2500 万吨，占全国粮食总产量的 4% ~ 8%，占因灾总损失的 55% 以上。粮食安全始终是关系我国国民经济发展、社会稳定和国家自立的全局性重大战略问题。科学应对气候变化，构建新形势下国家粮食安全战略，提高粮食安全保障能力是我国加强应对全球变化能力建设和推动农业可持续发展的重要任务。本书就此展开相关研究，具有十分重要的理论和现实意义。一方面，有利于揭示气候变化对粮食主产区粮食生产的影响机理及适应机制，因地制宜充分利用气候资源，最大限度地提高粮食生产能力，促进粮食主产区社会经济可持续发展和农民收入的稳定增长；另一方面，利于科学预测未来可能变化所带来的粮食安全問題，定量评估气候变化对粮食生产、经济和社会的影响以及适应和减缓气候变化的路径优化、政策选择，在粮食安全框架下进一步加强应对全球变化的顶层设计。

本研究综合运用问卷调查、数据分析、模型构建、实证分析、归纳演绎等方法，对影响粮食生产的主要限制因素、农户和政府两大实施主体对气候变化的行为感知、粮食安全政策等方面进行分析探讨，并结合气象数据，综合运用 SPSS、GIS 等软件分析气候变化对粮食单产、土地利用、水资源利用等影响的内在机制和传导机制，建立统计模型、计量经济学模型，开展气候变化对粮食生产的影响机制的研究，最后在影响分析与效益分析的基础上，提出粮食主产区减缓气候变化策略的优先序和路径选择。本书分为十三章，主要包含气候变化与粮食安全的理论探讨，气候变化与粮食生产的研究现状分析，农业生产应对气候变化的国际比较与经验借鉴，粮食主产区气候变化对粮食产量影响的机理分析，粮食主产区农民适应气候变化的行为偏好及影响因素，粮食主产区粮食生产适应气候变化的路径选择和政策建议七大部分，最后选取东北农区、黄淮海农区、中部地区、辽宁省和河南省具体研究对象以及气候灾害等，多维度、更加详细地研究粮食生产对气候变化的响应与适应机制，以及人们所采取的应对策略。

在分析我国粮食主产区气候变化对粮食产量影响的相关机理时，本研究运用了改进的气候和作物生产数据集来研究粮食主产区 1980 ~ 2010 年各县作物生长期的气候趋势，及气候趋势对三大主要作物（水稻、小麦、玉米）产量的影响。研究发现，1980 ~ 2010 年粮食主产区的区域性气候变暖

的趋势明显，主要表现在温度升高方面。这种变暖趋势在空间分布上对粮食作物产量产生十分重要的影响。从整个粮食主产区来看，从1980年到2010年期间气候变化的趋势导致小麦、玉米产量分别减少1.27%、1.73%，同时导致水稻产量增加0.56%。气候变化趋势作为一个整体，导致小麦和玉米产量分别减少 3.60×10^5 吨和 1.53×10^6 吨，水稻产量增加 7.44×10^4 吨。

在分析我国粮食主产区农民适应气候变化的行为偏好及影响因素时，本研究基于在粮食主产区80个产粮大县的实地调查数据分析，结果表明，有85%的农户采取了适应性策略，并以打机井、购买水泵、维持水渠畅通、增加灌溉次数、改变作物生产投入和改变作物种植类型等适应性行为为主。对气候变化信息源的获取时间、政府是否提供技术和经济等支持政策、农作物类型、地形因素、水分可获得性、农民受教育程度以及家庭的社会资本是影响粮食主产区农民适应气候变化的行为选择偏好的主要因素。

在分析气候变化对我国东北农区粮食产量的影响时，本研究选取东北农区58个气象观测站1961~2010年的日平均温度、降水、日照时数和相对湿度，115个作物产量观测站（44个玉米产量站、42个水稻产量站和29个小麦产量站）1961~2010年玉米、水稻、小麦的产量数据以及1981~2010年玉米、水稻及小麦作物物候记录（播种期、开花期、成熟期）的数据（主要来自40个玉米站、17个水稻站以及11个小麦实验站的大田观测数据），采用混合线性模型来评估气候变化对玉米、水稻和小麦三大粮食作物在不同时期产量的影响。1961~2010年，各种作物的最低温度在作物生长阶段显著升高，各种作物的热量持续时间在开花期均表现为显著增加的趋势，玉米和水稻的热量持续时间在开花后期表现为显著增加。与此同时，小麦的热度指数在开花前期表现为显著增加。大豆、小麦和玉米三种作物的平均太阳辐射量在开花期表现为显著下降的趋势。

在分析气候变化对黄淮海农区粮食生产的影响时，本研究选取六个数据集，包括1990~2010年遥感图像，1980~2010年土壤质量水平的空间数据集，2000年的农作物灌溉区空间数据集，1978~2010年水文数据和1950~2010年气象数据以及1978~2010年粮食产量、播种面积、化肥使用和有效灌溉面积的统计数据集，对黄淮海农区粮食生产进行综合评估。研究表明，在黄淮海平原地区，过去30多年来气候资源发生很大的变化，

区域性降水量呈下降特征，暖干化趋势明显，气候带移动特征明显，向北移动了3个纬度。在1990~2000年和2000~2005年，耕地面积减少造成了粮食生产损失分别为 4.30×10^4 吨和 2.63×10^4 吨。由于经济快速发展和城市化扩张，基本农田面积发生大幅度下降。

在分析中原城市群气候变化、新型城镇化与粮食安全的关系时，本研究选取1951~2015年的气象资料，采取距平、滑动平均法、Mann-Kendall检验对中原城市群区域年平均温度、最高温度、降水、干旱指数四个气象要素的变化特征进行分析，并将这四个要素与地区生产总值、城镇化率、城乡居民收入差距、全社会固定资产投资、粮食生产总量、小麦产量、粮食播种面积、乡村从业人数、耕地面积、灌溉面积等城镇发展综合指标进行相关性分析。结果表明，年平均温度、年最高温度升高，年降水量、年干旱指数呈减小趋势，且年平均温度、年干旱指数变化趋势比较明显。各气象要素的变化倾向率分别为 $0.21^\circ\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.09^\circ\text{C}/10\text{a}$ 、 $-6.72\text{mm}/10\text{a}$ 、 $-0.35/10\text{a}$ ，并且各气象要素均发生气候突变。年降水量减少趋势不明显。并且20世纪70~80年代为气温、降水和干旱指数发生突变的主要时期。从周期来看，温度表现出显著的2~4年的变化周期。地区生产总值、城镇化率、城乡居民收入差距、全社会固定资产投资、粮食生产总量、小麦产量、粮食播种面积、乡村从业人数、灌溉面积等各发展指标对年平均温度具有显著的正响应，对年降水量和年干旱指数的响应不显著。

在分析气候变化对辽宁省玉米产量的影响时，本研究选取辽宁省25个典型气象站1957~2013年的气象资料和1981~2012年的玉米生产资料，分析辽宁省玉米生长季的干旱风险时空变化和周期变化特征，计算其标准化降水蒸散指数(Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, SPEI)，并验证了其与玉米减产率的相关关系。结果表明，SPEI能够较好地反映辽宁省历史干旱变化的时空特征和玉米产量的变化情况；从干旱发生频率来看，孕穗、抽穗期>成熟期>生育前期，孕穗、抽穗期是玉米生长季干旱发生的主要阶段，同时在生育前期春旱发生相对频繁；从空间分布特征来看，玉米不同生长季干旱频率和干旱程度存在空间差异，总体上从东南到西北递增，干旱最为严重的是辽西北的清源、朝阳、建平等地区；从周期特征来看，生育前期干旱具有2~5年的周期，孕穗、抽穗期和全生育期干旱具有10年左右的周期。

根据以上分析和结论，我们提出粮食主产区粮食生产适应气候变化的六大路径：一是充分利用气候资源，调整作物播种期。二是科学应对气候暖干化与病虫害影响，选育高产优质抗逆性强的作物品种。三是采用小麦节水栽培模式，科学应对麦区冬春连旱。四是调整作物复种指数，提高耕地资源利用效率。对于东北平原地区，北部地区可适当种植早熟的玉米、大豆、水稻，辽宁南部地区可适当种植冬小麦—水稻（玉米、大豆等）一年两熟作物，在辽宁中西部可适度发展小麦玉米间套种植或小麦后茬种植蔬菜和早熟豆类。对于黄淮海平原地区，应兴建农业用水基础设施和提高农业水资源利用效率，积极调整作物种植结构，优化种植制度组合。对于长江中下游地区，调整北部地区由晚稻早熟和中熟品种类型改种为晚稻中熟和晚熟类型，冬小麦可由目前的弱冬性类型为主改为以春性类型为主。五是调整作物种植面积与品种布局。六是科学调整主要农区生产管理方式。最后，提出积极应对气候变化、保障粮食安全的政策建议：一是调整农业结构，控制温室气体排放；二是加强水资源管理和设施建设；三是提高生态脆弱地区适应能力；四是提高农民适应气候变化的思想意识和行为意识；五是加强防灾减灾体系建设；六是完善不同区域应对气候变化政策；七是健全气候变化激励约束机制；八是强化农业应对气候变化的科技支撑；九是深化国际交流与合作。

目 录

第一章 气候变化与粮食安全的理论基础	001
第一节 气候变化的基本事实	002
第二节 全球气候变化与粮食安全的研究现状	009
第三节 我国气候变化的特点	016
第四节 我国粮食主产区气候变化与粮食安全的形势分析	022
第二章 我国气候变化与粮食生产的研究现状分析	033
第一节 气候变化对我国粮食产量的影响	034
第二节 气候变化与农业生产、农产品价格、农业贸易和 农民收入的相互影响	047
第三章 农业生产应对气候变化的国际比较与经验借鉴	053
第一节 国外农业生产应对气候变化的总体考察	053
第二节 我国农业生产应对气候变化的政策	056
第三节 国外农业生产应对气候变化对我国的政策启示	058
第四章 我国粮食主产区气候变化对粮食产量影响的机理分析	062
第一节 文献回顾	062
第二节 模型构建	063
第三节 研究结果	066
第四节 研究结论及政策建议	069

第五章 我国粮食主产区农民适应气候变化的行为偏好及	
影响因素研究	072
第一节 文献回顾	072
第二节 数据来源与样本描述性统计	074
第三节 模型构建	078
第四节 研究结论及政策建议	084
第六章 粮食主产区粮食生产适应气候变化的路径选择	086
第一节 充分利用气候资源, 调整作物播种期	086
第二节 科学应对气候暖干化与病虫害影响, 选育高产优质	
抗逆性强的作物品种	087
第三节 采用小麦节水栽培模式, 科学应对麦区冬春连旱	089
第四节 调整作物复种指数, 提高耕地资源利用效率	090
第五节 调整作物种植面积与品种布局	091
第六节 科学调整主要农区生产管理方式	094
第七章 积极应对气候变化、保障粮食安全的政策建议	096
第一节 调整农业结构, 控制温室气体排放	096
第二节 加强水资源管理和设施建设	097
第三节 提高生态脆弱地区适应能力	098
第四节 提高农民适应气候变化的思想意识和行为意识	098
第五节 加强防灾减灾体系建设	099
第六节 完善不同区域应对气候变化政策	099
第七节 健全气候变化激励约束机制	100
第八节 强化农业应对气候变化的科技支撑	101
第九节 深化国际交流与合作	101
第八章 气候变化对我国东北农区粮食产量的影响	102
第一节 文献回顾	103
第二节 数据来源与研究方法	104

第三节	实证分析·····	108
第四节	研究结果及讨论·····	113
第九章	气候变化对黄淮海农区粮食生产的影响·····	117
第一节	文献回顾·····	118
第二节	数据来源与研究方法·····	120
第三节	实证分析·····	120
第四节	研究结论及政策建议·····	125
第十章	气象灾害与我国粮食安全·····	127
第一节	我国主要气象灾害的类型与特点·····	127
第二节	主要气象灾害对粮食生产的影响·····	130
第三节	增强粮食生产抗灾、防灾能力的对策建议·····	134
第十一章	气候变化、城镇化与粮食安全：以中原城市群 地区为例·····	136
第一节	文献回顾·····	137
第二节	数据来源与研究方法·····	140
第三节	实证分析·····	140
第四节	研究结论及政策建议·····	152
第十二章	气候变化对辽宁省玉米产量的影响：基于 SPEI 指数（标准化降水蒸散指数）分析·····	155
第一节	文献回顾·····	155
第二节	数据来源与研究方法·····	157
第三节	实证分析·····	162
第四节	研究结论及对策建议·····	169
第十三章	改革开放以来河南省粮食生产变化态势及影响 因素分析·····	170
第一节	文献回顾·····	170

004 | 气候变化与我国粮食主产区粮食安全研究

第二节	数据来源与研究方法·····	172
第三节	实证分析·····	176
第四节	研究结论及政策建议·····	190
参考文献	·····	195

第一章 气候变化与粮食安全的理论基础

近百年来，气候变化受到全世界范围内的普遍关注，全球气候变暖的趋势十分显著。特别是19世纪中期以来，大气中CO₂浓度含量从280ppm上升到当前的400ppm（ppm表示大气中的二氧化碳浓度，单位是百万分之一）。由CO₂等温室气体引起全球地表温度上升了0.85℃，预计到21世纪末全球地表温度可能还要上升0.3~4.8℃。在气候变暖背景下，各国开始通过寻求合作、气候谈判等方式来共同应对威胁和挑战，从1992年共同签署的《联合国气候变化框架公约》，到1997年在日本通过的《京都议定书》，到2010年12月在墨西哥通过的《坎昆协议》一揽子解决方案，再到2015年11月在法国巴黎通过的《巴黎协定》、2017年波恩气候谈判会议，取得了一系列卓有成效的成果，重塑全社会共同应对气候变暖的决心和勇气。

粮食安全是国家生存和发展的重要基石，是保障国家安全不可或缺的组成部分。联合国粮农组织将粮食安全的内涵表述为“所有人在任何时候都能在物质、社会和经济上获得充足、安全和富有营养的粮食，以满足其积极和健康生活的膳食需求和食物偏好”。自2013年以来，我国实施了“以我为主、立足国内、确保产能、适度进口、科技支撑”的新国家粮食安全战略，明确提出确保“谷物基本自给、口粮绝对安全”的国家粮食安全新目标，其重心就是统筹协调粮食作为私人属性和安全作为公共属性之间的矛盾问题，这个矛盾突出表现在生产、消费、流通、贸易等领域。气候变化是一个复杂的非线性系统，不仅影响粮食作物赖以生存的水肥气热，还会影响粮食生产的各个环节，因此，粮食安全对气候变化非常敏感。全球气候变化已经给粮食生产带来了巨大挑战，严重危及粮食安全。科学把握全球气候变化的成因及发展趋势，分析全球气候变化与粮食安全的研究现状，深入理解我国气候变化的特点及影响，准确分析我国粮食主产区气候变化与粮食安全面临的严峻形势，对于科学应对气候变化，构建新形势下国家粮食安

全战略，提高粮食安全保障能力具有十分重要的理论价值和现实意义。

第一节 气候变化的基本事实

气候变暖，并且温度升高的趋势非常明显，已经成为不可否认的事实。自 20 世纪 50 年代以来，世界各国科学家及国际组织开始对全球气候系统的变化进行观测。其观测到的结果表明，全球气候正在变暖，大气和海洋温度已经升高，降雪量和结冰量开始出现下降，两极冰川融化速度加快，海平面上升趋势明显，温室气体浓度显著增加。

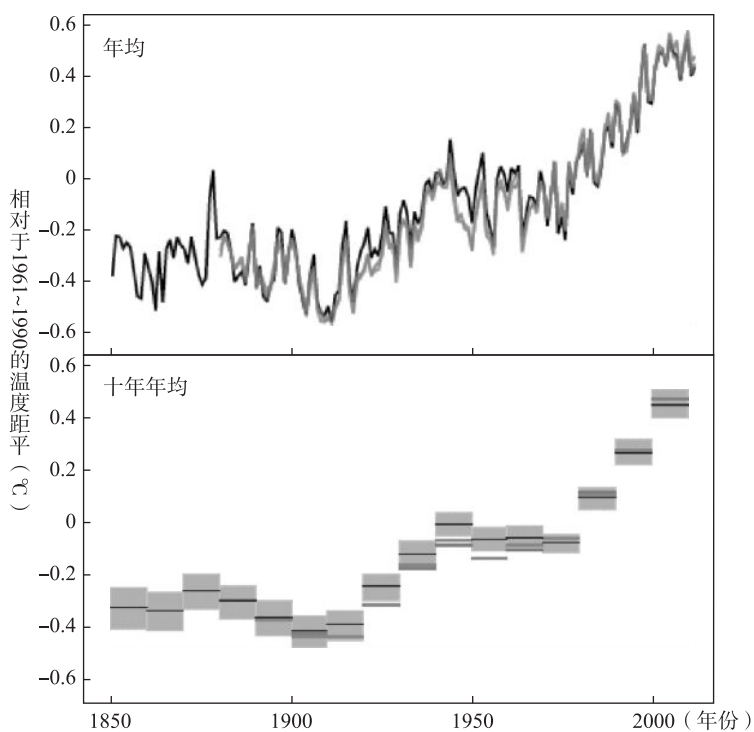
一 观测到的气候变化

（一）温度升高

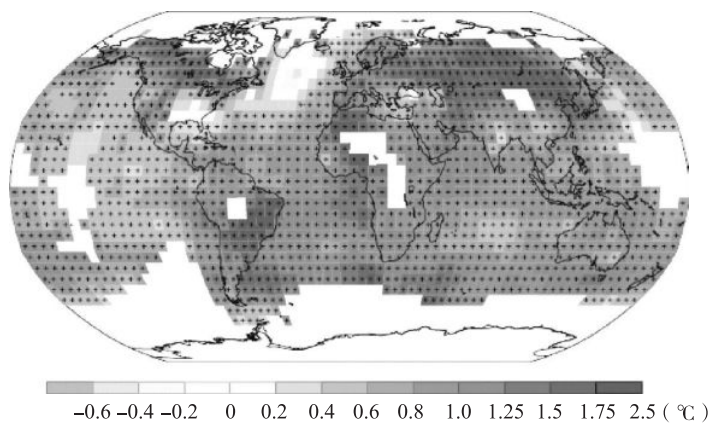
根据政府间气候变化专门委员会（The Intergovernmental Panel on Climate Change，简称 IPCC）发布的第五次评估报告，全球 1880 ~ 2012 年温度升高了 0.85°C ($0.65^{\circ}\text{C} \sim 1.06^{\circ}\text{C}$)。1850 ~ 1900 年以及 2003 ~ 2012 年两个时期的年均温总的上升了 0.78°C （最低上升 0.72°C ，最高上升 0.85°C ）。对于北半球来说，1983 ~ 2012 年可能是过去 1400 年中最暖的 30 年（见图 1-1）。由于降水分布的不均匀性，在很多地方尤其是高纬度的北方地区，降水在长时间序列上表现为减少的趋势，加上温度升高的共同作用，全球大部分地区暖干化趋势比较明显（见图 1-2）。

（二）两极冰川融化速度不断加快

近 20 年来，由于气候变暖的影响，格陵兰岛和南极冰川的冰量在不断减少，并且几乎所有的冰川都在融化和消退，特别是漂浮在北极上的海冰和在北半球区域内春季地面积雪的范围也在不断地缩小。据不完全统计，1971 ~ 2009 年，全世界冰川的冰量损失平均速率为每年 226 Gt ($91 \text{ Gt} \sim 361 \text{ Gt}$)（Gt 是重量单位，代表 10^9 吨，其中， $100 \text{ Gt}/\text{年}$ 的冰损失大约相当于海平面每年上升 0.28 毫米），1993 ~ 2009 年全世界冰川的冰量损失平均速率为每年 275 Gt ($140 \text{ Gt} \sim 410 \text{ Gt}$)。从 1950 年以来，北半球区域内春季积雪的范围在不断地缩小。据观测记录，1967 ~ 2012 年 53 年的时间里，整个北



(a) 观测到的1850~2012年全球平均陆地和海洋表面温度距平变化



(b) 观测到的1901~2012年全球地表温度变化

图 1-1 观测到的全球平均陆地和海洋表面温度距平 (1850 ~ 2012 年)

资料来源：IPCC 第五次评估报告。

半球地区 3~4 月份的积雪覆盖面积平均每 10 年缩小了 1.6%，6 月份的积雪覆盖范围平均每 10 年缩小了 11.7%。两极冰川融化速度的不断加快和北

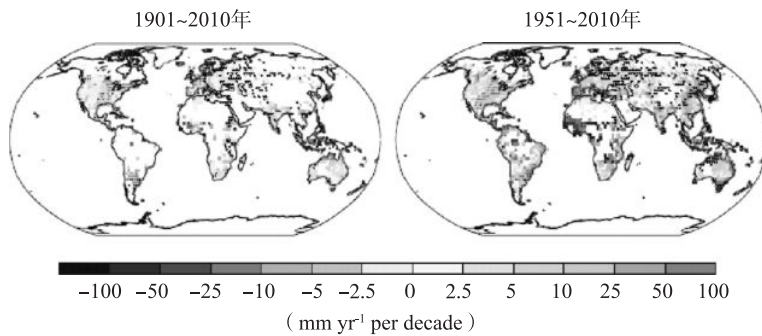
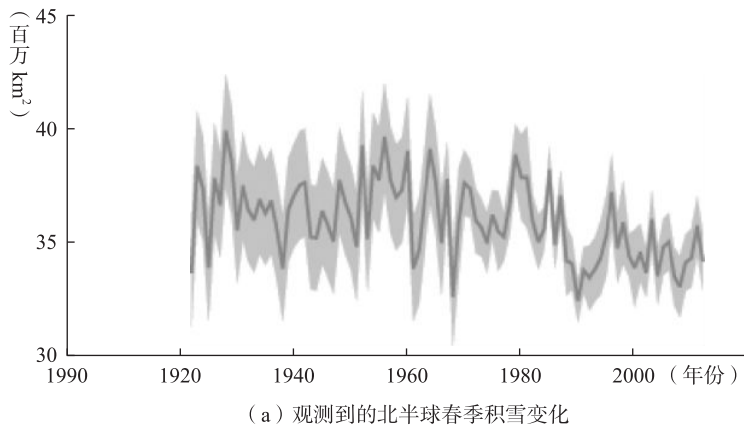
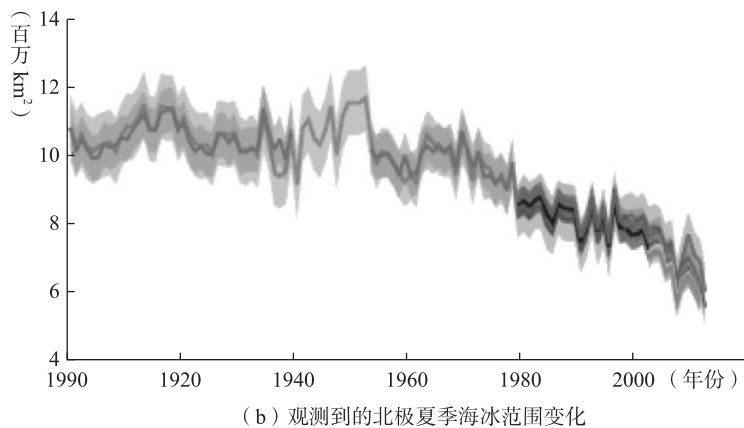


图 1-2 观测到的 1901 ~ 2010 年和 1951 ~ 2010 年的降水变化
资料来源：IPCC 第五次评估报告。

半球积雪量的不断减少，造成海平面上升趋势明显，1901 ~ 2010 年，一百多年来全球平均海平面上升了 0.19 米（见图 1-3）。



(a) 观测到的北半球春季积雪变化



(b) 观测到的北极夏季海冰范围变化