

流域/区域气候变化影响评估报告丛书

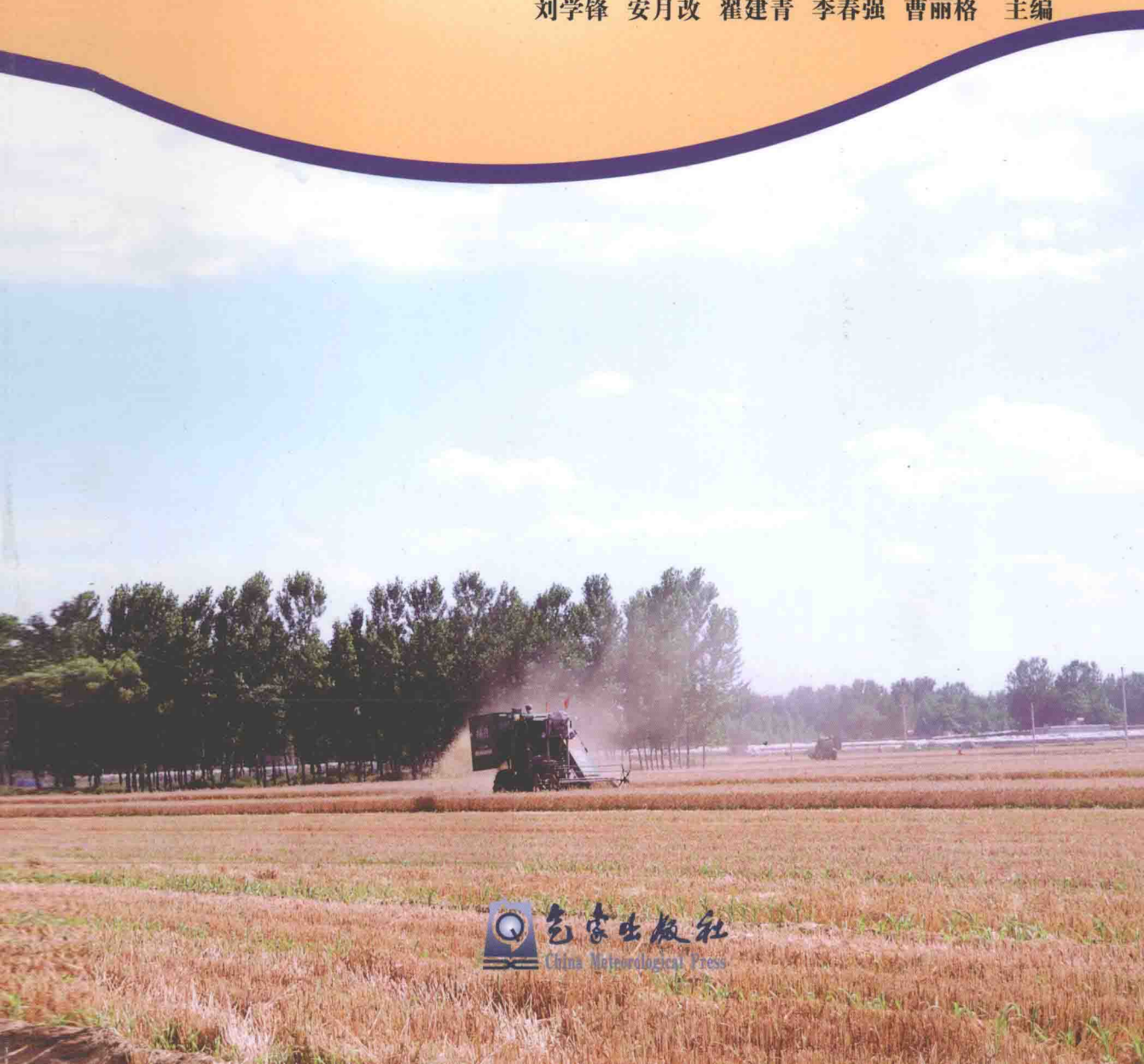
丛书主编：郑国光

“中国气象局气候变化专项”资助

China Climate Change Impact Report: Haihe River Basin

海河流域 气候变化影响评估报告

刘学锋 安月改 翟建青 李春强 曹丽格 主编



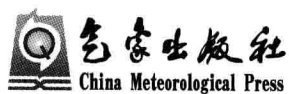
气象出版社
China Meteorological Press

流域/区域气候变化影响评估报告丛书

China Climate Change Impact Report: Haihe River Basin

海河流域气候变化影响 评估报告

刘学锋 安月改 翟建青 李春强 曹丽格 主编



内容简介

本书是由中国气象局国家气候中心组织 20 多位在海河流域气候变化研究中具有丰富理论和实践经验的专家,经过大量资料收集、总结归纳以及作者现有研究成果撰写而成。海河流域属于半干旱半湿润地区,是中国政治、文化中心和经济发达地区之一,流域内用水矛盾突出,深入探索气候变化对海河流域各方面的影响,有助于积极适应和减缓气候变化,对保障海河流域的可持续发展有重要意义。

全书共分八章,在阐述海河流域气候变化事实的基础上,分析气候变化对流域水资源、农业、自然生态系统、能源、人体健康等方面的影响、脆弱性和适应性,并因地制宜地提出适应与减缓对策,为全球气候变化背景下海河流域社会经济的可持续发展提供理论依据和科技支撑。本书是我国关于流域气候变化研究系列评估报告之一。

本书可供中央各部委和流域机构以及地方政府决策参考,亦可作为气候、气象、水文水资源、生态与环境、社会经济等领域的科研人员和有关大专院校师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

海河流域气候变化影响评估报告/刘学锋等主编. —北京:气象出版社,2012.6

ISBN 978-7-5029-5503-8

I. ①海… II. ①刘… III. ①海河-流域-气候变化-气候影响-研究报告 IV. ①P468.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 114922 号

Haihe Liuyu Qihou Bianhua Yingxiang Pinggu Baogao

海河流域气候变化影响评估报告

刘学锋 安月改 翟建青 李春强 曹丽格 主编

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:张锐锐 李太宇

封面设计:博雅思企划

责任校对:永 通

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm × 1092 mm 1/16

字 数:314 千字

版 次:2012 年 7 月第 1 版

定 价:48.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68406961

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:黄润恒

责任技编:吴庭芳

印 张:12.25

印 次:2012 年 7 月第 1 次印刷

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换。



科学研究表明,当前全球气候正经历一次以变暖为主要特征的显著变化。政府间气候变化专门委员会(IPCC)2007年公布的第四次评估报告(AR4)指出,最近100 a中,全球平均地表气温升高了 0.74°C ,这是由于人类活动所排放温室气体产生的增温效应造成的,预计到21世纪末全球平均气温将升高 $1.1\sim 6.4^{\circ}\text{C}$ 。由气候变暖引起的一系列气候和环境问题日益突出,将对农业(含林业)、水资源、自然生态系统(草原、湖泊湿地、冰川和冻土)、人类健康和社会经济等产生重大影响,甚至给人类社会带来灾难性后果,已经成为全球可持续发展面临的最严峻挑战之一。因此,人类社会应积极应对气候变化并采取措施减缓气候变化带来的负面效应。

我国幅员辽阔,生态环境脆弱,气候变化对不同地区的生态系统将产生不同的影响。我国不同的区域对气候变化的响应不同,敏感度和适应能力也不同,是遭受气候变化不利影响最为严重的国家之一。妥善应对气候变化,事关我国经济社会发展全局和人民群众切身利益,事关国家根本利益。2008年6月,中共中央政治局将第6次集体学习内容定为“全球气候变化和我国加强应对气候变化能力建设”。胡锦涛总书记强调,必须以对中华民族和全人类长远发展高度负责的精神,充分认识应对气候变化的重要性和紧迫性,坚定不移地走可持续发展道路,采取更加有力的政策措施,全面加强应对气候变化能力建设,为我国和全球可持续发展事业进行不懈努力。他还在讲话中指出,我国正处于全面建设小康社会的关键时期。同时也处于工业化、城镇化加快发展的重要阶段,发展经济和改善民生的任务十分繁重,应对气候变化的任务也十分艰巨,并要求加强气候变化综合影响评估,在经济建设和城乡建设中高度重视气候评价和灾害风险评估,夯实应对气候变化及其风险

的工程基础。为了贯彻落实胡锦涛总书记的重要讲话精神,科学技术部、中国气象局、中国科学院等牵头启动了第二次《气候变化国家评估报告》的编写并于2011年11月正式出版。同时,《中国气候与环境演变:2012》等一系列重要的气候变化科学报告也正在编制中,而《气候变化国家评估报告》、《中国应对气候变化国家方案》的发布和实施,有力地推动了气候变化影响的研究和评估工作。中国气象局于2008年成立了气候变化中心,强化气候变化决策和公共服务职能,并重点加强在区域温室气体监测、气候系统基础数据分析处理、极端天气气候事件分析和气候系统模式研发,以及农业、水资源等关键领域气候变化影响评估、决策咨询服务等方面的工作。在地方层面为了给气候变化报告提供科学支撑,同时为地方政府把气候变化纳入到区域发展规划提供科学支撑,中国气象局气候变化中心在全国范围组织了流域/区域气候变化综合影响评估系列报告的编写,在不同的气候变化响应区域和流域上,探索研究中国的气候变化及其影响所具有的区域特征,以及气候变化对自然和社会经济系统的影响、脆弱性和适应性;发展区域尺度上气候变化影响评估的理论、方法和技术。

《流域/区域气候变化影响评估报告》丛书的出版适逢IPCC第五次评估报告进入实质性编写阶段。丛书中富有特色的气候变化影响事实与适应对策论述,将为全球尺度的气候变化影响评估工作提供有益参考。这项研究成果的出版,得益于2009年中国气象局气候变化专项的特别资助,同时还要感谢参加编写的所有作者和参与此项工作的评审专家和相关工作人员。

中国气象局局长

郑国光



气候作为人类赖以生存的自然环境的一个重要组成部分,它的变化会对自然生态系统以及社会经济产生深刻的影响。近百年来,全球正经历以显著变暖为主要特征的气候变化,这种变化对人类的生存和发展所带来的影响将是巨大的,人类正在采取不同的减缓和适应性措施以应对气候变化及其所带来的影响。在这种背景下,中国气象局国家气候中心组织了对中国 8 个不同气候敏感区的气候变化影响评估工作,为国家和各地区提供应对气候变化的依据。本报告是以海河流域为案例开展的气候变化影响评估成果。

海河流域是中国政治、文化中心和经济发达地区之一。流域涉及 8 个省(自治区、直辖市),33 个地级市(盟),256 个县(区),城市众多,人口密集。流域总人口 1.34 亿,占全国总人口的 10.2%,平均人口密度 419 人/ km^2 。国内生产总值(GDP)占全国的 14.1%,人均值是全国平均水平的 1.38 倍。流域内各地区经济发展不平衡,海河平原(面积占 41%)是流域经济发达地区,GDP 占了全流域的 82%;山区(面积占 59%)相对落后,GDP 只占海河流域的 18%。

海河流域地势西北高、东南低,呈扇形向渤海倾斜;区域北部有东西走向的燕山山脉;西部为南北走向的太行山山脉。燕山以北为内蒙古高原;燕山以南、太行山以东为广阔的华北平原,属于温带半湿润半干旱大陆性季风气候区。一年内四季分明,春季冷暖多变,干旱多风;夏季炎热湿润,雨量集中;秋季风和日丽,凉爽少雨;冬季寒冷干燥,雨雪稀少。流域年平均气温 11.4°C ,由南往北和由平原向山地降低。年平均降水量 538 mm,是中国东部沿海降水最少的地区。流域天然植被大都遭砍伐破坏,天然次生林主要分布在海拔 1000 m 以上的山峰和山脉。有林地、疏林地、灌木林地面积分别占山区面积的 8.4%、8.6% 和 23%。

海河流域土地、光热资源丰富,适于农作物生长,是中国三大粮食生产基地之一,耕地面积为 1065 万 hm^2 ,占全流域面积的 33%,实际灌溉面积 636 万 hm^2 ,灌溉率为 60%,主要粮食作物有小麦、大麦、玉米、高粱、水稻和豆类等。粮食总产量占全国的 10%,太

行山山前平原和徒骇马颊河平原是主要农业区;由于海河流域所处的地理位置和特定气候条件——气温温和、光照充足,适宜设施栽培生产,是中国设施农业的重要地区,该地区设施农业面积占全国总面积的70%以上。沿海地区具有发展渔业生产和滩涂养殖的有利条件。20世纪90年代以来,农业生产结构发生了变化,在粮食生产增长的同时,油料、果品、水产品、肉、禽蛋、鲜奶等林牧渔业产品生产取得了较高的增长幅度,大中城市周边农业转向为城市服务的高附加值农业,传统农业逐步向现代化农业过渡,农业生产率不断提高。

海河流域是资源型缺水地区,气候变化对该流域的可持续发展具有深远的影响。气候变化背景下,从流域尺度来研究气候变化的影响,揭示可能存在的问题以及提出适应与减缓对策,是摆在流域管理者、政府决策者和科研人员面前的重大课题。近年来,中外学者在海河流域及流域内所属省份开展了气候变化对农业、林业、水资源、生态系统、社会经济、人体健康等方面的影响和适应性研究,取得了一批有价值的研究成果。本报告在综合评估已有研究结果的基础上,从加强和促进海河流域经济社会可持续发展出发,开展海河流域气候变化影响、适应性对策和减缓措施研究,旨在提高海河流域应对气候变化的综合能力,同时为地方政府区域发展规划提供科学支撑。

《海河流域气候变化影响评估报告》于2008年7月正式启动,在国家气候中心统一组织下,由国家气候中心、河北省气候中心、河北省气象科学研究所、保定市气象局等单位20余位长期从事气候和气候变化的科研和业务人员花费两年多时间共同完成。

报告共分八章,主要内容包括海河流域气候变化的观测事实及未来气候预估,气候变化对海河流域水资源、农业、自然生态系统、能源、人类健康的影响和适应性,气候变化影响适应性措施的综合评估,以及应对气候变化的减缓对策等。各章主要编写人员如下:

- 前 言 刘学锋(河北省气候中心)
- 报告提要 翟建青 曹丽格(国家气候中心)
- 第一章 安月改 刘学锋(河北省气候中心) 李春强(河北省气象科学研究所)
车少静(石家庄市气象局)
- 第二章 刘学锋(河北省气候中心) 李春强(河北省气象科学研究所)
- 第三章 李春强(河北省气象科学研究所) 刘学锋(河北省气候中心)
- 第四章 翟建青 许红梅(国家气候中心)
- 第五章 安月改 田国强(河北省气候中心) 司丽丽(保定市气象局)
- 第六章 司丽丽 闫 峰(保定市气象局) 安月改(河北省气候中心)
- 第七章 曹丽格 许红梅 翟建青(国家气候中心)
- 第八章 刘学锋 向 亮(河北省气候中心)

本报告在编写和出版期间,得到了多方的帮助和支持。国家气候中心罗勇研究员、中国气象局袁佳双处长在项目协调、规划和组织等方面给予大力支持;国立新加坡大学吕喜玺教授,中国科学院水生生物研究所蔡庆华研究员,中国科学院地理科学与资源研

究所贾绍凤研究员,中国水利电力研究院严登华研究员,水利部气候变化中心王国庆研究员,世界混农林组织驻华代表处 Andreas Wilkes 博士,国家气候中心专家 Marco Gemmer、Thomas Fischer、Lucie Vaucel 等多次提出修改意见。感谢中国气象局科技司巢清尘、张勇,国家气候中心宋连春、任国玉、徐影、苏布达、刘绿柳等给予的指导和帮助。感谢南京信息工程大学研究生李修仓、方玉、谈丰、张杰、钟军等参加了部分工作。感谢中国地质科学院水文地质和环境地质研究所张光辉、严明疆、王金哲以及河北省气象局姚学祥、郭树军、顾光芹、郝立生、于长文、谷永利、张婧、张成伟等给予的帮助和支持。

本书虽然力求组织长期开展海河流域气候变化相关科研和业务的专家参与编写,但由于气候变化研究涉及面广,尤其是气候变化影响、脆弱性和适应性存在不确定性和复杂性,加之目前中外有关海河流域气候变化影响、适应和减缓方面的研究比较薄弱,积累较少,相关研究尚处于起步阶段,本书不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正,以便在后续研究中加以改进。

编者

2011 年 11 月

报告提要

海河流域位于中国北方半湿润与半干旱地带,东接渤海,西抵太行,南界黄河,北到蒙古高原,总面积约 32 万 km^2 ,占全国总面积的 3.3%。流域内人口密集,经济发达,在中国政治经济中地位重要。近几十年流域内兴建了大量水利工程,在防洪、除涝和水资源利用等方面发挥了重大作用,有力地保障了流域社会经济的发展。但因水资源过度开发和天然来水量减少,造成了河道断流、湿地萎缩、地下水位下降、河口生态恶化等一系列生态环境问题,引起社会各界的广泛关注。在气候变暖大背景下,处于中国主要气候脆弱区、敏感区之一的海河流域将面临十分严峻的挑战。

一、海河流域全流域平均气温呈显著上升趋势,升温幅度高于全国平均水平,四季中以冬季升温趋势最为显著,空间上则是流域北部升温幅度高于南部。降水量除春季略有增加外,其余三季均呈减少趋势,空间上则除滦河流域上游微弱增加外,其余区域均表现为减少趋势,尤以沿渤海湾区域减少趋势最为明显。未来气候变化情景下,海河流域年平均气温在不同情景下均呈明显升高趋势;年降水量则在高排放和中排放情景下呈增加趋势,在低排放情景下表现为减少趋势

海河流域年平均气温 11.4°C ,空间上表现为由南向北、由平原向山地降低。1961—2007 年,海河流域年平均气温表现为明显上升的趋势,全流域升温趋势系数为 $0.30^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。由季节来看,冬季升温速率最快,为 $0.57^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,春季次之,为 $0.30^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,

秋季升温速率为 $0.22^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,夏季最小,仅为 $0.10^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$;从空间上来看,海河北系升温趋势最大,升温速率为 $0.39^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,海河南系升温速率最小,为 $0.26^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,但各区域升温趋势均通过了0.05显著性检验;流域内年平均最高气温和年平均最低气温也均呈上升趋势,全流域升温趋势系数分别为 $0.18^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 、 $0.46^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。

海河流域年平均降水量为538 mm,降水量具有地域差异大、年际变化大、年内集中程度高三个特点;1961—2007年流域年平均降水呈减少趋势,减少速率为 $21.3\text{ mm}/10\text{ a}$ 。四季中除春季降水略有增加外,其余季节降水均表现为减少趋势,尤以夏季减少最为明显;空间分布上,除滦河流域上游呈微弱增加外,其余区域均呈减少趋势,其中沿渤海湾区域减少趋势显著。降水量明显减少趋势主要是由于暴雨量减少引起。年降水量年代际空间分布变化特征明显,呈现出高值区强度、范围随年代逐渐减弱、缩小,低值区强度、范围扩大趋势。

海河流域未来(2011—2050年)流域平均气温均呈现明显升高趋势,A1B情景下升温速率最大,平均每10 a升高 0.39°C ;其次是A2情景,增温速率略低于A1B情景,平均每10 a升高 0.31°C ;B1情景下升幅最小,平均每10 a升高 0.22°C 。不同情景下预估的未来流域年降水量在A2和A1B情景下呈现增加趋势,A1B情景下增长速率较大,平均每10 a增加19.6 mm;A2情景下增加速率略小于A1B,每10 a平均增加6.4 mm。B1情景下预估的年降水量呈减少趋势,平均每10 a减少4.1 mm。

二、海河流域暖干化趋势明显,山区来水明显减少,加之人类活动的影响,导致水资源供需更趋紧张。此外,由于地下水过量开采,亦导致地下水位下降明显;气候变化还影响到流域的气候资源、农作物品种布局及农业气象灾害的发生;气候变化可能使海河流域森林类型南北界发生变化,流域内草地生态系统面积增加,而湿地生态系统面积则急剧减小

近年来,在海河流域山区出现了径流锐减。这种锐减不仅反映在时间尺度较长的年代际变化,也反映在短时的暴雨洪水过程上。在平原地区出现了河流断流,入海径流锐减。近20 a来,海河流域西北部山区人类活动对天然径流量减少的影响最大,并大于暖干气候对径流减少的影响;中南部山区气候对径流减少的影响是主要的,或者至少与人类活动对径流的影响相同;而滦河及河北省沿海地区人类活动对天然径流量的影响很小,气候变异也不大,它们皆未造成径流的趋势性变化。受降水量减少及人类利用程度增加的影响,海河流域地下水资源目前处于开采大于补给、地下水位逐渐下降的阶段。

20世纪90年代以来,海河流域太阳总辐射和日照时数呈明显下降趋势, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 和

≥10℃活动积温明显增加,无霜期与生长季延长;气候变暖使冬小麦播种期推迟,全生育期缩短;同时,农作物品种布局发生变化,大部分地区夏玉米均采用中熟品种,部分地区强冬性冬小麦被半冬性或春性等类型品种取代。流域春季气温升高、越冬期的低温和生育期的降水变化对冬小麦产量都有直接的影响。气温升高,海河流域棉区将可能向北部扩展,冀中南棉区将以麦棉复种两熟制取代传统的中熟或中早熟品种一熟单作,中熟棉花品种的适宜区将由冀南地区扩展到京津唐地区。同时,气温升高,棉花生长期将延长,将有利于棉花产量的提高。

海河流域温带森林受人类活动干扰较大。随着全球气候变暖,温带向极地方向扩展,因此温带森林也将侵入到当前北方森林地带,而在其南界则将被亚热带或热带森林所取代,同时由于该区域受到频繁的干旱影响,有可能导致温带森林景观向草原和荒漠景观转变;海河流域内草地面积由1987年的近2000 hm²发展到2002年的4800 hm²,增加面积比较大,是各类用地类型中动态度最大的一类。增加的草地主要来自耕地、其他用地、水域及部分盐田,其中来自耕地的面积最大,占全部来源的82%左右。近年来随着社会经济的高速发展和人口增加,使得需水量不断增多,加剧了海河流域水资源危机。水资源短缺加重了海河流域湿地生态系统的恶化情况,2009年湿地生态系统总面积仅余4000多 km²,仅占流域总面积的1.3%左右。

三、气候变化对海河流域能源系统的影响有利有弊。气温升高、干旱加重,致使能源需求加大,对能源发展不利;但冬季气温升高可减少冬季供热耗能,有利于能源的持续利用。海河流域气候变化将在不同程度上影响多种疾病的发生,将使该流域地方性疾病患病群体增大、程度增重

海河流域能源供需一直以传统煤炭能源为主,20世纪50年代以来先后建设了一些水力发电厂(站),但由于受区域水资源的限制,这些水电设施发展规模受到很大限制,主要以小水电为主,辅助煤炭电力供应。近些年,海河流域内尤其是河北北部地区逐步开发了风能发电项目,部分项目已经投入生产运营。另外,部分地区还建设了太阳能发电、生物质发电设施,区域传统能源结构不断发生变化。夏季气温增高、高温热浪发生频率增加。炎热天气增加将加剧夏季日常生活、工业生产制冷的电力需求;也将增加制冷设备需求量,而生产制冷设备又必须消耗大量能源,加大能源供需矛盾,给电力、煤炭等能源供应带来更大压力。冬季气温升高,使取暖用能减少,对能源的可持续利用有利。

海河流域地理环境复杂,造就了该流域多样的气候条件。气候条件的不断变化,自然、生态环境不断遭到破坏,造成了流域内地方病种类较多。由于气温升高,大部分病

源生物得以长时间存活,可能导致多种活体病菌所致疾病流行时间增长、范围扩大、程度加强;气候变化使海河流域冬季温暖,降雪较少,导致各种病源微生物安全越冬和繁殖,使人们更易感染疾病;而降水量的减少,将导致区域性饮水困难、水源品质不能保证等问题的出现,会使水源性疾病,如地方性氟中毒、砷中毒等疾病趋于严重化。未来一方面要关注气候变化使某些疾病发病率随之变化,尤其是呈现上升趋势;另一方面要特别关注气候变暖可能导致某些疾病疫区扩大到海河流域。

四、海河流域对气候变化影响的适应性措施主要集中在水资源、农业、自然生态系统、能源和人类健康等几大领域

在水资源适应性方面,按照水资源和水环境承载能力,推进水利和经济社会的协调发展,努力建设节水型社会,积极探索建立水权制度和水市场,促进水资源优化配置,改革水资源管理体制,加强水资源统一管理等措施。

在农业领域,根据气候变化特点调整农业生产结构、大力发展节水农业、加强农业基础设施建设和农田基本建设,改善农业生态环境等。

在自然生态系统适应性方面,应加大对森林、草地和湿地资源的保护、管理、监督和执法力度。制定和完善各种与保护自然生态系统相关的法律、法规和政府规划。同时,大力发展林业生态系统建设工程,加速造林绿化,提高森林质量,扩大人工林地和草地的面积,合理分配现有水资源,保证生态系统的正常用水量。

在能源领域,把节能减排作为加强宏观调控的重点,同时加强能源开发利用政策引导,制定能源发展规划,发展低碳能源和可再生能源,改善能源结构,保障未来能源供应。

在人类健康领域,以监测预防为主,防治与气候变化相关的疾病,通过南水北调来解决由于水源问题引起的地方病,建立多部门合作机制,积极开展气候变化与健康影响的相关研究。

五、海河流域在全国社会经济发展中占有举足轻重的作用,在保证可持续发展的背景下,需要积极采取减缓措施,控制和减少温室气体的排放,增加碳汇、碳储存及碳封存能力

通过推进产业结构调整,促进规模化发展。加快转变经济增长方式,发展高新技术产业和服务业,努力提高高新技术产业和服务业在国民经济中的比重。

优化能源结构,发展可再生能源。采取有力措施,促进太阳能、风能、沼气、地热等新能源和可再生能源利用及核能开发和建设,进一步控制煤炭需求总量,相应减少二氧化碳排放。

强化重点行业管理,减少工业过程中温室气体排放。加强对煤炭、化工、水泥、石灰、钢铁、电石等重点行业生产过程的控制和管理,发展循环经济,提高资源利用效率,推进清洁生产,最大限度地减少工业过程中的温室气体排放。

推广先进适用技术,减少农牧业温室气体的排放。采用科学合理的灌溉方式,优化配置肥料资源,合理调整施肥结构,提高肥料利用率,控制农牧业温室气体的排放;研究开发优良反刍动物品种技术和规模化饲养管理技术,加强对动物粪便、废水和固体废弃物的管理,努力降低甲烷排放强度。

加强林业管理,增加碳汇吸收。通过实施植树造林、退耕还林还草、天然林资源保护、能源林基地和农田基本建设等措施,大力改善林业碳汇吸收的能力,实现流域内碳汇吸收能力得到明显提高。

充分利用清洁发展机制(CDM),推动 CDM 工作的开展,推进节能减排目标的实现。

目 录

序言

前言

报告提要

第一章 海河流域气候变化观测事实与未来趋势	1
引言	1
第一节 气候变化研究概述	1
第二节 气候变化特征	3
第三节 极端气候事件	19
第四节 气候变化预估	32
小结	42
参考文献	43
第二章 气候变化对海河流域水资源的影响及适应	46
引言	46
第一节 水资源基本特征	46
第二节 开发利用现状与问题	50
第三节 水资源对气候变化的敏感性和脆弱性分析	55
第四节 未来气候变化对水资源的可能影响	72
第五节 水资源应对气候变化的适应性对策	76
小结	79
参考文献	80
第三章 气候变化对海河流域农业的影响和适应性	82
引言	82
第一节 概述	83
第二节 农业气候资源变化	84
第三节 气候变化对农业生产的影响	89
第四节 农业应对气候变化的适应性对策	97

小结.....	99
参考文献	100
第四章 气候变化对海河流域自然生态系统的影响	103
引言	103
第一节 自然生态系统概述	103
第二节 气候变化对自然生态系统的影响	109
第三节 自然生态系统对气候变化的脆弱性和适应性	112
小结	116
参考文献	117
第五章 气候变化对海河流域能源的影响和适应性对策	119
引言	119
第一节 概述	119
第二节 气候变化对能源的影响	123
第三节 新能源资源的开发情况、前景.....	129
第四节 应对气候变化对能源影响的适应性措施	133
小结	134
参考文献	134
第六章 气候变化对海河流域人类健康的影响和适应性对策	136
引言	136
第一节 概述	137
第二节 对人类健康影响的途径	138
第三节 对主要地方疾病的影响	139
第四节 未来气候变化对人体健康的可能影响	144
第五节 适应性对策建议	147
小结	149
参考文献	149
第七章 海河流域气候变化适应性对策综合评估	152
引言	152
第一节 适应性对策评估方法	154
第二节 主要领域适应气候变化的对策评估	159
第三节 适应气候变化案例	164
第四节 适应性对策建议	165
小结	167
参考文献	167
第八章 海河流域应对气候变化减缓对策	169
引言	169
第一节 温室气体减排现状	170
第二节 主要成就与挑战	171
第三节 减缓对策建议和节能减排重点领域	174
小结	176
参考文献	176

CONTENTS

Foreword

Preface

Executive Summary

Chapter 1 Observed and Projected Climate Change in the Haihe River Basin	1
Introduction	1
1 Overview of Climate Change	1
2 Characteristics of Climate Change	3
3 Extreme Climate Events	19
4 Projected Trends of Climate Change	32
Concluding Remarks	42
References	43
Chapter 2 Impacts of Climate Change on Water Resources in the Haihe River Basin and Adaptation Strategies	46
Introduction	46
1 Basic Characteristic of Water Resources	46
2 Current Situation of Water Resources Exploitation	50
3 Sensitivity and Vulnerability of Water Resources to Climate Change	55
4 Potential Impacts of Future Climate Change on Water Resources	72
5 Adaptation Strategies to Climate Change on Water Resources	76
Concluding Remarks	79
References	80
Chapter 3 Impacts of Climate Change on Agriculture in the Haihe River Basin and Adaptation Strategies	82
Introduction	82

1 Overview	83
2 Changes of Agricultural Climate Resources	84
3 Impacts of Climate Change on Agriculture	89
4 Adaptation Strategies to Climate Change in Agriculture	97
Concluding Remarks	99
References	100
Chapter 4 Impacts of Climate Change on Natural Ecosystems in the Haihe River Basin and Adaptation Strategies	103
Introduction	103
1 Overview on Natural Ecosystems	103
2 Impacts of Climate Change on Natural Ecosystems	109
3 Vulnerability and Adaptation Strategies of Natural Ecosystems to Climate Change	112
Concluding Remarks	116
References	117
Chapter 5 Impacts of Climate Change on Energy in the Haihe River Basin and Adaptation Strategies	119
Introduction	119
1 Overview	119
2 Impacts of Climate Change on Energy	123
3 Development Status and Prospects of New Energy Resources	129
4 Adaptation Strategies to Climate Change in Energy	133
Concluding Remarks	134
References	134
Chapter 6 Impacts of Climate Change on Human Health in the Haihe River Basin and Adaptation Strategies	136
Introduction	136
1 Overview	137
2 Channels of Climate Change Impacts on Human Health	138
3 Impacts on Major Diseases	139
4 Potential Impacts of Future Climate Change on Human Health	144
5 Adaptation Strategies to Climate Change	147
Concluding Remarks	149
References	149
Chapter 7 Comprehensive Assessment of Adaptation Strategies on Climate Change in the Haihe River Basin	152
Introduction	152