

“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国工程院重大咨询项目
淮河流域环境与发展问题研究

淮河流域气候与可持续发展

主 编 李泽椿
副主编 许红梅 王月冬



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国工程院重大咨询项目
淮河流域环境与发展问题研究

淮河流域气候与可持续发展

主 编 李泽椿

副主编 许红梅 王月冬



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

“淮河流域环境与发展问题研究”是中国工程院重大咨询项目，本书是在该项目的“淮河流域自然环境及人为影响”课题成果基础上完成的。全书围绕淮河流域气候与可持续发展问题进行深入探讨，分为综合报告、专题报告和专题论述三部分。综合报告和专题报告分别叙述了淮河流域及其相关省份的气候特征、气象灾害特点、气候变化事实和未来气候变化预估，以及风能、太阳能资源评估；专题论述则针对淮河流域天气与气候，以及可持续发展中的关键科学和技术问题进行了论述。

本书可供相关部委、流域管理机构及地方政府决策参考，也可作为气象、气候、资源、环境、社会经济等领域的科研人员及相关专业大专院校师生的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

淮河流域气候与可持续发展：中国工程院重大咨询项目 淮河流域环境与发展问题研究 / 李泽椿主编. —
北京：中国水利水电出版社，2017.4
ISBN 978-7-5170-5281-4

I. ①淮… II. ①李… III. ①淮河流域—气候变化—可持续性发展—研究 IV. ①P468.25

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第068455号

审图号：GS（2016）2431号

书 名	中国工程院重大咨询项目 淮河流域环境与发展问题研究 淮河流域气候与可持续发展
作 者	HUAI HE LIUYU QIHOU YU KECHIXU FAZHAN 主编 李泽椿 副主编 许红梅 王月冬
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址：www.waterpub.com.cn E-mail：sales@waterpub.com.cn 电话：(010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话：(010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京博图彩色印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 26.75印张 495千字
版 次	2017年4月第1版 2017年4月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	145.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

本书编委会

主任 李泽椿

副主任 许红梅 王月冬

委员 黄大鹏 顾万龙 田红 陈艳春 许遐楨
陈兵 朱蓉 湛芸 李莹 石英
张建忠 徐枝芳 路玮 顾伟宗 项璞
王胜 姬兴杰 王冠岚



各篇章作者名单

GEPIANZHANGZUOZHIMINGDAN

篇 章		作 者
综合 报告	概述	许红梅
	一	李 莹 石 英 许红梅
	二	黄大鹏 李 莹
	三	朱 蓉
	四	许红梅 顾万龙
专题 报告	专题一	顾万龙 姬兴杰
	专题二	田 红 王 胜
	专题三	许遐祯 陈 兵 项 瑛
	专题四	陈艳春 顾伟宗
专题论述		详见各专论署名



前言

QIANYAN

气候作为一种自然资源，对人类生产和生活有着重要的作用，同时，气象灾害也对人类的生命财产和经济建设等造成了直接或间接的损害。我国位于东亚季风区，季风在带给我们多种优越丰富的气候资源的同时，也带来了许多气象灾害。气候是影响自然环境、人类活动和社会经济可持续发展的重要因素，是社会经济与生态环境协调可持续发展的重要支撑。自 1750 年人类社会工业化以来，大量使用化石燃料排放的 CO₂ 等温室气体和其他污染物质，导致全球气候变暖，20 世纪中叶以来气候变暖及极端天气气候事件进一步加剧，成为制约人类社会可持续发展的重大问题。党的十八大提出了“把生态文明建设放在突出地位，融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程，努力建设美丽中国，实现中华民族永续发展。”党的十八届三中全会进一步提出要加快生态文明建设，为保护环境、节约资源和应对气候变化的工作指明了今后努力的方向。

我国幅员辽阔，气候类型多样，气候资源丰富，气象灾害多发。在全球变暖和高速发展的背景下，我国也面临着众多气候和可持续发展问题，其中最突出的是极端天气气候事件发生规律更为复杂，干旱、洪涝、高温热浪、冰冻雪灾等气象灾害给人民生命财产、社会经济和生态环境带来严重影响。此外，全球变暖也将在一定程度上影响我国气候资源的时空分布特征，从而给农业气候资源、水资源、风能、太阳能等的开发利用带来挑战。

淮河流域地处我国东部季风区，介于长江和黄河流域之间，流

域面积约 27 万 km^2 。淮河流域天气气候复杂多变，具有“无降水旱，有降水涝，强降水洪”的典型区域旱涝特征。进入 21 世纪以来，淮河流域极端天气气候事件发生规律更为复杂。流域地跨湖北、河南、安徽、山东和江苏五省，人口密集、资源丰富、水土光热资源匹配条件相对优越，是我国重要的粮食生产基地和能源原材料供应基地；同时，也是长三角和环渤海两大区域间重要的生态过渡与缓冲地带。然而，由于受自然环境、区位条件与发展基础等方面的制约，淮河流域经济发展水平较低，环境污染严重，是国内环境与发展矛盾比较突出的区域。为了厘清淮河流域生态环境与经济社会发展的依存制约关系，探索流域可持续发展之路，由中国工程科技发展研究院立项，组织 20 余名院士及数百位相关领域专家，针对淮河流域的环境与发展问题从 8 个方面开展研究。本书针对淮河流域气候与可持续发展问题，在分析流域近 50 年来气候变化事实、主要影响和未来气候变化情景，近 10 多年来气象灾害特点，以及风能、太阳能资源的基础上，提出了增强淮河流域防灾减灾体系和应对气候变化能力建设的对策建议。

本书是在中国工程院重大咨询项目“淮河流域环境与发展问题研究”的支持下，由院士牵头、中青年科技骨干参加，国家气候中心、国家气象中心、河南省气候中心、安徽省气候中心、江苏省气候中心、山东省气候中心等单位的 20 余位科研业务人员历经两年多的时间完成的。

由于本书内容涉及面广，为体现百花齐放、百家争鸣的良好学术氛围，专题论述中保留了不同学术观点与探讨。书中尚有许多不足之处，恳请广大读者批评指正。

作者

2015 年 10 月



目录

MULU

前言

综合报告

概述	3
一、淮河流域近 50 年气候特征及气候变化影响分析	4
(一) 近 50 年淮河流域气候特征	4
(二) 已观测到的气候变化对淮河流域的影响	9
(三) 淮河流域未来气候变化的可能趋势	11
二、淮河流域近 10 年气象灾害特征	14
(一) 淮河流域旱涝变化特征	14
(二) 其他气象灾害特征	17
三、淮河流域风能资源评估及分散式风电开发	22
(一) 淮河流域四省风能资源	23
(二) 分散式风电发展规划与开发现状	27
(三) 分散式风电开发的风能资源精细化评估技术	33
(四) 风力提水技术在淮河流域的应用前景	39
四、淮河流域气候与可持续发展咨询建议	40
(一) 增强极端天气气候事件的监测、预报、预警和应对指挥能力	40
(二) 推进政府主导的气象灾害防御和风险管理	40
(三) 增强抵御农业气象灾害的能力	41
(四) 建立交通气象监测和服务系统	41
(五) 积极应对气候变化, 重视可再生能源的开发利用	41
(六) 通过环境和气象专业合作, 改善大气环境	42

专题报告

专题一 河南省气候与可持续发展	45
概述	45
一、气候特征	47
(一) 气候概况	47
(二) 气象灾害特点	51
二、近 10 年气象灾害特点	56
(一) 干旱	57
(二) 雨涝(暴雨、连阴雨)	58
(三) 风雹灾害	61
(四) 冰雪灾害	64
(五) 雾霾天气	67
三、近 50 年气候变化及未来气候变化预估	69
(一) 近 50 年气候变化	69
(二) 气候变化主要影响	72
(三) 未来气候变化预估	74
四、风能、太阳能资源评估	79
(一) 风能资源评估	79
(二) 太阳能资源评估	81
五、防御气象灾害和应对气候变化建议	84
(一) 增强农业和农村抵御气象灾害能力	84
(二) 加快建立交通气象监测和服务系统	85
(三) 大力发展风能、太阳能资源利用	86
(四) 重视环境和生态建设的气象服务	86
(五) 加强气象灾害风险综合管理	86
专题二 安徽省气候与可持续发展	88
概述	88
一、气候特征	89
(一) 气候概况	89
(二) 气候要素特征	91

(三) 气象灾害特点	93
二、近 10 年气象灾害特点	97
(一) 暴雨洪涝	98
(二) 干旱	99
(三) 低温冷冻害与雪灾	100
(四) 强对流	101
(五) 高温热害	102
三、近 50 年气候变化及未来气候变化预估	102
(一) 气候变化事实	102
(二) 气候变化影响	108
(三) 未来气候变化预估	114
四、风能、太阳能资源评估	116
(一) 风能资源评估	116
(二) 太阳能资源评估	118
五、防御气象灾害和应对气候变化建议	121
(一) 加强防灾减灾气象服务能力建设	121
(二) 加强气候资源开发利用和应对气候变化能力建设	123
(三) 加强气象为农服务能力建设	124
专题三 江苏省气候与可持续发展	126
概述	126
一、气候特征	128
(一) 主要气候特征	128
(二) 主要气候条件	130
(三) 气象灾害	131
二、近 10 年气象灾害特点	135
(一) 干旱	135
(二) 洪涝	136
(三) 雷暴	136
(四) 大风	136
(五) 雾	136
(六) 高温	137
(七) 低温冷害	137
(八) 冰雹	137

(九) 降雪	137
(十) 霾	138
(十一) 台风 (热带气旋)	138
三、近 50 年气候变化及未来预估	138
(一) 近 50 年气候变化	138
(二) 未来气候变化趋势	143
专题四 山东省气候与可持续发展	147
概述	147
一、气候特征	150
(一) 气候概况	150
(二) 灾害特点	155
二、近 10 年气象灾害特点	158
(一) 暴雨日数增多, 暴雨洪涝灾害损失严重	158
(二) 干旱变轻, 发生时涉及范围广	160
(三) 高温日数明显增加, 各地利弊不一	161
(四) 低温冷害时有发生, 过程损失大	162
(五) 影响台风年均 1 个, 灾害损失惨重	163
(六) 冰雹日数减少, 大风冰雹带来损失巨大	164
(七) 连阴雨相对较少, 但农业影响大	165
(八) 大雾次数增多, 影响交通运输	165
(九) 风暴潮日趋增多, 带来巨大损失	167
(十) 沙尘扬沙时有发生, 加重空气污染	167
三、近 50 年气候变化及未来预估	168
(一) 气候变化基本事实	168
(二) 气候变化的主要影响	175
(三) 未来气候变化预估	180
四、风能、太阳能资源评估	180
(一) 风能资源评估	180
(二) 太阳能资源评估	184
五、防御气象灾害和应对气候变化建议	185
(一) 农业适应措施	185
(二) 海岸带适应措施	186
(三) 南四湖水资源及湿地生态系统适应措施	186

专题论述

淮河流域水旱灾害·····	189
区域气候模式对淮河流域气温降水变化的模拟和预估·····	195
淮河流域强对流天气的统计特征分析及对策建议·····	205
引发淮河流域强对流天气的中尺度对流系统 (MCS) 统计特征分析 ·····	217
江淮流域强对流天气精细化数值预报·····	227
淮河入海口附近区域的海陆相互影响·····	237
从淮河两次大洪水特征对比汲取经验做好决策服务·····	243
淮河上游 (河南省) 粮食核心区气象灾害分析及保障建议·····	253
河南省环境气象要素的时空变化及其影响因素的分析·····	270
气候变化对河南省冬小麦的影响·····	286
气候变化对河南省烟草生产影响初步分析·····	297
安徽省气象灾害风险评估与区划及防御措施·····	308
安徽省中小城镇气象灾害现状及防御思考·····	316
淮河流域气候变化影响评估及应对建议·····	327
江苏省淮河流域的城市气候特征·····	338
江苏省龙卷风特征和灾害分析·····	349
山东省淮河流域主要气象灾害影响与防御措施·····	357
淮河流域南四湖湿地气候变化特征与适应对策·····	365
淮河流域水资源脆弱性研究概述·····	376
山东省气象应急工作情况与建议·····	384
山东省沙尘天气的时空分布及遥感监测·····	392
山东省淮河流域设施农业低温冷害特征分析·····	399
山东省雨季特征及对策建议·····	405

综合报告

ZONGHEBAOGAO

概述

淮河流域地处我国东部南北典型气候过渡带，受到低纬和中高纬等天气系统的共同影响，天气气候复杂多变，形成“无降水旱，有降水涝，强降水洪”的典型区域旱涝特征。进入 21 世纪以来淮河流域极端天气气候事件发生规律更为复杂。本书旨在分析淮河流域近 50 年来（1961—2010 年）的气候变化事实，近 10 多年来（2001—2011 年）气象灾害特征，以及未来气候变化情景（2011—2020 年、2010—2050 年）的基础上，提出增强淮河流域气象和地质防灾减灾体系建设的对策建议。

过去 50 年气候变化事实揭示出，淮河流域的年平均气温为 14.5°C ，年平均气温呈明显增高的趋势，增长速率约为 $0.23^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，从空间分布来看，流域年平均气温升高趋势东部沿海大于西部山区。其中，年平均最低气温增温趋势明显，增温速率为 $0.33^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，而年平均最高气温增温幅度为 $0.13^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，趋势不明显。流域地处中纬度副热带典型季风气候区，降水较为丰沛，但降水量年际变率较大且季节性变化显著。淮河流域年平均降水量为 873mm，降水年内分配不均，年际变化较大，但并无明显的变化趋势。进入 21 世纪后，季风雨带常在淮河流域停滞，淮河流域洪水灾害呈现不断加剧的趋势。淮河流域年降水日数平均为 123d，近 50 年波动中下降趋势显著，气候倾向率为 $-5.0\text{d}/10\text{a}$ 。20 世纪 90 年代以来，年降水日数减少更为明显。基于全球模式以及区域模式对未来气候变化预估结果揭示出，未来淮河流域气候变暖趋势将可能持续，夏季热浪天气更多而冬季极端低温呈减少趋势；流域降水量呈较为一致的增加，但增加幅度不大。

气候变暖改善了淮河流域农业生产的热量条件，作物生育期缩短，复种指数提高，作物冻害概率减少；但气候变暖导致春季霜冻危害和作物病虫害加剧，农业生态环境恶化。旱涝灾害频次增多，造成农业产量波动加大，农业生产的气候不稳定性增加。气候变化对农业的影响总体上是弊大于利。气候变化改变了淮河流域水资源状况，近 50 年淮河干流径流量有下降趋势，同时出现极端流量的频率有所增加。气候变暖及“南涝北旱”的降水分布格局，导致淮河水资源系统更加脆弱。气候变化影响淮河流域的森林生态系统结构和物种组成；春季物候提前，绿叶期延长。湿地生态脆弱性方面，湖泊水域面积减少，湿地萎缩；破坏湿地生物多样性。

淮河流域是我国旱涝灾害最为频繁的区域之一，旱涝灾害的特征表现为时空分布不均，且组合复杂，常常是年内交替出现，流域面上共存，特别是

进入 21 世纪以来旱涝灾害趋于频繁，特别是 2003 年和 2007 年发生的全流域大洪水造成严重灾害；从旱涝格局来看，北旱南涝更加突出。此外，近 10 年来淮河流域春霜冻害有所增加；高温热害发生频繁；连阴雨危害南增北减；干热风危害总体减轻；日照时数在不断减少，尤其是夏季减少幅度最大。

根据 2011 年风能资源图谱和 1979—2008 年全国风能资源参数历史信息库，流域四省都有较好的风能资源，从空间分布来看，江苏省主要在沿海地区，山东省在沿海和山地，河南省和安徽省在丘陵山地。从风能资源的技术开发量来看，山东省的风能资源最为丰富。

党的十八大提出“确保到 2020 年实现全面建设小康社会宏伟目标”，要求：推进城乡发展一体化，着力在城乡规划、基础设施、公共服务等方面推进一体化；大力推进生态文明建设，加强防灾减灾体系建设，提高气象、地质、地震灾害防御能力，强化水、大气、土壤等污染防治，积极应对气候变化。结合党的十八大提出的“大力推进生态文明建设”和“加强防灾减灾体系建设”，针对把淮河流域建设成为国家生态文明综合示范区的战略定位，建议增强淮河流域气象和地质防灾减灾体系建设，通过加强极端天气气候事件和地质灾害的监测、预报、预警和应对指挥能力，推进政府主导的气象和地质灾害防御和风险管理；增强农业和农村抵御气象和地质灾害的能力，加强交通气象和地质灾害的检测和服务，强化城镇化布局中气象和地质灾害风险评估和防灾减灾体系。

一、淮河流域近 50 年气候特征及气候变化影响分析

（一）近 50 年淮河流域气候特征

淮河流域的气候特点是四季分明。在气候区划中，以淮河和苏北灌溉总渠为界，北部属暖温带半湿润区，南部属亚热带湿润区。影响淮河流域的天气系统众多，既有北方的西风槽和冷涡，又有热带的台风和东风波，还有本地产生的江淮切变线和气旋波，因此流域天气多变。东亚季风是影响流域天气的主要因素。春季（3—4 月），东北季风减弱，西南季风开始盛行，流域降水逐渐增多；夏季（5—8 月），盛行的西南气流携带大量的暖湿空气，为淮河的雨季提供水汽，这是一年中降水最多的季节；秋季（9—10 月），西南季风开始南退，降水迅速减少；冬季（11 月至次年 2 月），流域盛行干冷的偏北风。季风的进退形成了流域四季的差异，支配着流域四季降水的多寡。

1. 年平均气温

淮河流域的多年平均气温为 14.5°C 。近 50 年 (1961—2010 年), 淮河流域的年平均气温呈明显增高的趋势, 增长速率约为 $0.23^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 20 世纪 90 年代中期以来, 淮河流域处于偏暖时期 (图 1)。从空间分布看, 淮河流域的年平均气温在 $12\sim 16^{\circ}\text{C}$, 呈现南高北低准纬向的分布特征 [图 2 (a)]。流域内各站点的年平均气温呈一致显著升高趋势, 但存在一定的地区差异, 总体来说, 流域年平均气温升高趋势表现为东部沿海大于西部山区 [图 2 (b)]。

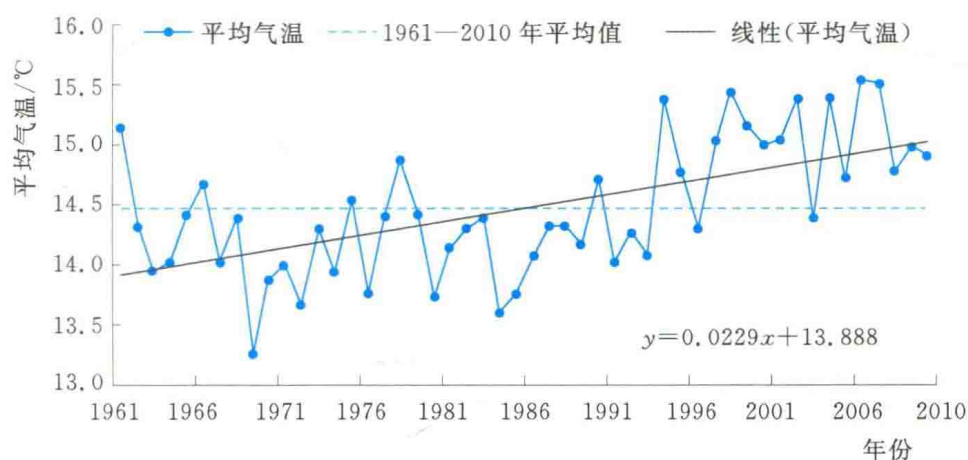
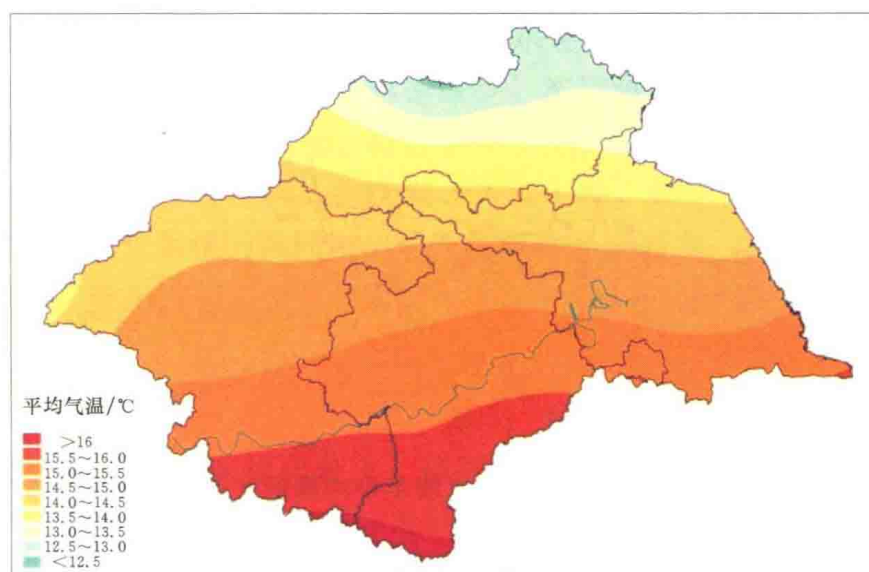


图 1 1961—2010 年淮河流域年平均气温历年变化



(a) 年平均气温分布

图 2 (一) 1961—2010 年淮河流域年平均气温分布及年平均气温气候倾向率