

浙江省气候资源环境 及其变化

王守荣 苗长明 等编著

浙江省重点科研社会发展项目——

“浙江省生态气候资源区划及气候变化影响评估”资助

浙江省气候资源环境 及其变化

王守荣 苗长明 等编著

气象出版社

内 容 简 介

本书是浙江省重点科研社会发展研究项目“浙江省生态气候资源区划及气候变化影响评估”资助,首次系统地评估了在全球变化背景下浙江省的气候资源环境及其变化。揭示了浙江省气候资源的时空分布特征,评估了气象灾害的风险程度及其分布,分析了气候变化的事实及其趋势。利用区域气候模式预估了浙江省 21 世纪气候变化,利用分布式水文模式以兰江为例预估了气候变化对浙江水资源的影响,通过情景分析预估了气候变化对浙江农业的影响。在此基础上,提出了应对气候变化的对策建议。

图书在版编目(CIP)数据

浙江省气候资源环境及其变化/王守荣等编著. —北京:气象出版社,2008. 6
ISBN 978-7-5029-4528-2

I. 浙… II. 王… III. ①气候资源-研究-浙江省②气候变化-研究-浙江省
IV. P468. 255

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 080866 号

Zhejiangsheng Qihou Ziyuan Huanjing jiqi Bianhua

浙江省气候资源环境及其变化

王守荣 苗长明 等编著

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

邮 编:100081

电 话:总编室 010-68407112 发行部 010-68409198

网 址:<http://cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxcbs@263.net

责任编辑:陈 红 章澄昌

终 审:纪乃晋

封面设计:王 伟

责任技编:吴庭芳

责任校对:赵 寒

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:15.75

字 数:403 千字

版 次:2008 年 6 月第 1 版

印 次:2008 年 6 月第 1 次印刷

定 价:60.00 元

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

浙江省生态气候资源区划及气候变化影响评估 课 题 组

主 持 人：王守荣

第二主持：苗长明

领衔专家：赵宗慈 徐集云 高学杰 顾骏强

陈胜军 姚益平 蔡菊珍 徐 影

参加人员：康丽莉 苏高利 樊高峰 吴利红 毛裕定

李正泉 张小伟 郑 峰 潘劲松

《浙江省气候资源环境及其变化》 编著委员会

主 任：王守荣

副主任：苗长明

委 员：(以姓氏笔画为序)

王守荣 毛裕定 李正泉 张小伟 苏高利 吴利红

陈胜军 苗长明 赵宗慈 姚益平 高学杰 顾骏强

徐集云 徐 影 康丽莉 蔡菊珍 樊高峰

前 言

浙江历史悠久,文化灿烂,是中国古代文明的发祥地之一。

早在5万年前的旧石器时代,浙江就有原始人类“建德人”活动。全省境内现已发现新石器时代遗址百处以上,分别属于河姆渡文化(距今7500—5000年)和良渚文化(距今5300—4000年)等。

春秋时代浙江分属吴、越两国。秦朝浙江的北部隶属会稽郡。唐朝时浙江先后属江南东道、两浙道。五代十国时临安人钱镠于907年在杭州建立吴越国,辖现在的浙江全省和江苏南部、福建北部地区,杭州在这个时期快速发展,有了“东南第一州”之称。宋朝在浙江设两浙路,辖11个州,与现在的浙江省行政区划几乎一样;到南宋时期,由开封迁都到杭州,江南的地理、气候、经济等条件延续了宋王朝的生命,马可波罗在游记中把13世纪的杭州描述成“世界最富丽名贵之城”。元代时浙江属江浙行中书省。明初改为浙江布政司,辖11府、1州、75县,省界区域基本定型。清康熙初年改为浙江省。

“上有天堂,下有苏杭”,浙江气候宜人、山清水秀、历史悠久、文化灿烂,历史、文化与地理、气候等的美妙结合,使浙江的省会杭州赢得了“人间天堂”的美誉。

一方水土养一方人,浙江的历史、文化、社会、经济等与其气候环境密切相关。海陆交接的地理环境,亚热带季风气候,使这里拥有丰富的光、温、水、热、风等气候资源,同时也不断经历着台风、暴雨、干旱等气象灾害的袭击。

半个多世纪以来,气象专家和学者们对浙江的气候进行了不懈的研究。20世纪30年代,竺可桢等老一辈气象学家就发表了《浙江的气候概况》等多篇关于浙江气候的研究论文。新中国成立以后,浙江省气象局组织力量先后完成了农业气候区划、气候图集的编制工作,1959年编写出版《浙江的气候》,1980年编印了《浙江省省级简明综合农业气候区划》,1987年编印了《浙江省综合农业气候区划》,1996年编制出版《浙江省气候图集》。1999年气象出版社出版了张培坤、郭力民编著的《浙江气候及其应用》。

20世纪80年代以来,气候变化问题日益受到社会广泛关注,科学界投入了大量研究,取得了丰硕成果,对全球气候变化的认识不断深入。2007年4月,IPCC(世界气象组织和联合国环境署共同建立的政府间气候变化专门委员会)发布的第四次全球气候变化科学评估报告表明,最近100年(1906—2005年)全球平均近地面温度上升了 0.74°C ($0.56\sim 0.92^{\circ}\text{C}$),并根据不同气候情景模拟预估未来100年全球平均近地面温度将再上升 $1.1\sim 6.4^{\circ}\text{C}$,这将给人类的生存和发展带来严峻挑战。

浙江省也同样高度重视气候变化,近20年来省科技主管部门和气象主管机构多次组织浙江气候和气候变化的研究。2005年,浙江省科技厅将“浙江省生态气候资源区划及气候变化影响评估”研究列入省重点科研社会发展项目,目的是通过研究揭示浙江省光、热、

水、风等生态气候资源和可再生能源的时空分布特征,细化生态气候资源开发利用区划,预估气候变化对浙江生态环境的影响,提出减缓气候变化对生态环境冲击的对策建议。

两年多来,课题组在广泛收集资料、引进国际先进水平的区域气候模式等基础上,开展浙江气候生态环境评价和气候变化评估研究,取得了重大进展:(1)建立在最新的气候资料基础上,对浙江省的热量资源、降水资源、太阳能资源、风能资源进行了分析和区划评价,在GIS技术的支持下制作了气候变暖情况下新的农业热量资源区划图,首次完成了全省风能资源的全面评估和区划。其中,项目组结合浙江省发展与改革委员会和中国气象局委托浙江省气候中心承担的浙江省大型风电场前期研究工作任务,通过收集资料、开展短期考察和计算分析,初步摸清了浙江省风能资源储量和技术可开发量,划分出风能资源丰富区、较丰富区、可利用区和贫乏区,指出浙江近海和沿海是风能资源丰富区,开发潜力巨大,为编制《浙江省风力发电发展规划》提供了基础,对浙江实现可持续发展具有重要的战略意义。(2)利用基于信息扩散的风险评估模型,对浙江省的台风、旱涝、强对流天气(冰雹、雷暴、龙卷风等)等气象灾害进行了风险评估和区划,制作了灾害风险度评估图;针对浙江省农业生产面对的主要农业气象灾害,基于历史灾情进行了风险评估和区划,提出了在农业保险发挥气象灾害评估作用的建议,提供给省政府决策部门,成为我省开展政策性农业保险、制定保险政策的重要科学参考。(3)综合评述了浙江的历史气候变迁,初步分析了浙江冷暖旱涝变化规律和发展趋势,重点研究了近50年来浙江气候变化的特点,发现近50年来气候明显变暖,异常天气气候事件增多或影响加重,降水量总体上呈现弱的增加趋势,同时夏季降水增多但秋季降水明显减少,因此,旱涝灾害发生的几率在增加。(4)对高温干旱进行了重点研究,建立了浙江的干旱面积指数和强度指数,为全省气候评价业务提供了新的客观方法。同时提出,浙江目前正处于干旱尤其秋旱多发阶段,与秋季暴雨减少、高温增加密切联系。利用小波分析技术对夏季温度进行多尺度分析,指出在未来一段时间夏季高温将继续处于上升期。(5)初步建立了华东区域气候模式平台。引进具有国际先进水平的区域气候模式RegCM3和RSM,通过参数化实验和地形处理等,建立了以浙江为核心区的模式系统RegCM3/ZJ和RSM/ZJ,进行了21世纪浙江气候变化预估,也为全省气候预测业务提供了新的技术方法。(6)在客观评价气候变化对浙江农业和水资源影响的基础上,开展了气候变化影响预估试验,通过建立分布式水文模式DHS-VM与区域气候模式RegCM3的嵌套,对钱塘江支流——兰江流域未来水文水资源进行了预估,通过情景分析初步讨论了未来气候变化对浙江农业生产的可能影响。(7)在以上成果的基础上,提出了浙江应对气候变化的对策建议。另外,通过项目还培养了人才,加强了国际交流,提高了研究能力和水平。

根据项目计划书的安排,本书将课题研究的主要成果进行汇总,结合前人的研究成果,对浙江的气候和气候变化给出一个系统性的介绍,不仅供气候研究的同行之间进行学术交流,也给政府和有关部门的决策者们提供一套了解浙江气候与气候变化的科学资料。

本书由王守荣负责总编和审定,苗长明协助编纂。

本书编写大纲由王守荣、苗长明、赵宗慈制订。本书共分五个部分(十五章)。第一部分总论,由王守荣、苗长明共同编写;第二部分浙江省气候资源及区划,由苗长明主持编写,苏高利、陈胜军、毛裕定、蔡菊珍参加编写;第三部分浙江省气象灾害及风险评价,由苗

长明主持编写,苏高利、吴利红、毛裕定、姚益平参加编写;第四部分浙江省气候变化,由王守荣主持编写,苗长明、樊高峰、赵宗慈、李正泉、张小伟、顾骏强参加编写;第五部分浙江省气候变化及影响预估,由王守荣主持编写,苗长明、徐集云、康丽莉、苏高利、赵宗慈、高学杰、徐影参加编写。

在项目实施过程中,得到了管理部门浙江省科技厅、浙江省气象局的关心指导,得到了主持单位浙江省气候中心的大力支持,得到了参加单位国家气候中心、浙江省气象科学研究所的积极配合,得到了美国西北太平洋实验室(PNNL)R. Leung 博士、哥伦比亚大学国际气候研究所(IRI)孙力强博士以及联合国国际理论物理研究中心(ICTP)、浙江省气象台、温州市气象台等有关单位专家的热情帮助,在此一并表示感谢。

由于本书编写者的水平有限,加之时间仓促,错漏之处在所难免。因此,欢迎读者对本书多提宝贵意见。

A handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '王', '守', and '荣' (Wang Shourong).

2008 年 4 月 18 日

目 录

前言

摘要	(1)
----------	-----

第一部分 总 论

第一章 自然地理与环境特征	(11)
1.1 气候特征	(11)
1.2 地形地势	(11)
1.3 河流与湖泊	(12)
1.4 土壤和植被	(14)
主要参考文献	(15)
第二章 气候资源环境与气候变化研究的意义	(16)
2.1 气候变化是当今世界热点问题	(16)
2.2 世界气候研究计划	(17)
2.3 中国对气候变化问题高度重视	(19)
2.4 浙江面临气候变化的巨大压力	(20)
2.5 实施气候资源和气候变化研究的目的和意义	(21)
主要参考文献	(23)
第三章 气候变化对浙江的挑战与对策建议	(24)
3.1 中国气候变化评估与对策	(24)
3.2 气候变化对浙江的挑战	(25)
3.3 应对气候变化的对策建议	(27)
主要参考文献	(28)

第二部分 浙江省气候资源及区划

第四章 热量资源及其区划	(31)
4.1 平均温度	(31)
4.2 温度极值	(33)
4.3 界限温度和积温	(34)
4.4 农业热量资源及其区划	(42)
主要参考文献	(44)
第五章 降水资源及其区划	(45)
5.1 降水量	(45)

5.2	雨日	(48)
5.3	有效降水资源	(51)
5.4	降水资源评价及其区划	(56)
	主要参考文献	(57)
第六章	日照及太阳能资源评价	(58)
6.1	日照时数	(58)
6.2	日照百分率	(59)
6.3	太阳总辐射	(60)
6.4	太阳能资源评价	(61)
	主要参考文献	(61)
第七章	风能资源及其区划	(62)
7.1	风力发电现状	(62)
7.2	平均风速	(63)
7.3	有效风速时数	(66)
7.4	平均风功率密度	(68)
7.5	风能资源量	(69)
7.6	风能资源评价和区划	(70)
	主要参考文献	(73)

第三部分 浙江省气象灾害及风险评价

第八章	气象灾异及其风险区划	(77)
8.1	基于信息扩散的风险评估方法	(77)
8.2	台风风险评估与区划	(78)
8.3	旱涝灾害风险评估与区划	(85)
8.4	强对流天气(冰雹、龙卷风、雷暴)风险评估	(89)
8.5	春季灾害(晚霜冻、倒春寒、连阴雨)风险评价	(93)
	主要参考文献	(96)
第九章	气象灾害与农业风险评价	(97)
9.1	浙江农业概况	(97)
9.2	浙江省主要气象灾害及其对农业影响的风险评价	(98)
9.3	浙江水稻生长期农业气象灾害风险评价	(106)
9.4	浙江柑橘生长期冻害风险评价	(116)
9.5	气象灾害风险评价与保险——以柑橘冻害为例	(120)
	主要参考文献	(124)

第四部分 浙江省气候变化

第十章	浙江的气候变迁	(129)
-----	---------	-------

10.1	地质时期的气候变化	(129)
10.2	历史时期的气候变化	(133)
10.3	现代全球气候变暖期	(136)
	主要参考文献	(138)
第十一章	近 50 年浙江气候变化	(139)
11.1	气候变暖	(139)
11.2	降水的气候变化	(146)
11.3	天气气候事件的变化	(152)
11.4	海平面升高	(163)
	主要参考文献	(164)
第十二章	浙江气候变化的物理机制	(166)
12.1	外部物理因子	(166)
12.2	温室气体变化	(168)
12.3	全球气候变化	(173)
12.4	东亚季风变化	(176)
	主要参考文献	(178)

第五部分 浙江省气候变化及影响预估

第十三章	浙江省 21 世纪气候变化的预估	(183)
13.1	IPCC 对气候变化的预估	(183)
13.2	中国气候变化的预估	(192)
13.3	区域气候模式及其对浙江气候的模拟能力	(194)
13.4	21 世纪浙江气候变化的预估	(198)
	主要参考文献	(202)
第十四章	气候变化对浙江省水资源的影响及预估	(204)
14.1	水资源状况及其变化	(204)
14.2	气候变化对浙江水资源的影响分析	(206)
14.3	气候—水文模式在浙江的应用	(208)
14.4	浙江水资源变化的预估——以兰江为例	(214)
	主要参考文献	(219)
第十五章	气候变化对浙江省农业气候资源的影响及预估	(221)
15.1	农业水热条件的变化	(221)
15.2	气候变化对浙江省农业热量资源区划的影响	(224)
15.3	气候变化对浙江省植物气候生产力的影响	(227)
15.4	浙江省植物气候生产力变化的预估——情景分析	(229)
15.5	气候变化对浙江农业生产的影响和对策	(233)
	主要参考文献	(236)

Climate Resources and Environmental Changes in Zhejiang Province

Wang Shourong and Miao Changming *et al.*

Brief Introduction: This book is the research results on “Regional Dividing in terms of Eco-system and Climate Resources and Assessments on impacts of Climate Changes” in a Key Program of Social Development of Zhejiang Province. At first, climate resources and environmental changes in Zhejiang Province are evaluated comprehensively based on the global change background. Both temporal and spacial distributions of the climate resources in Zhejiang Province are explored. The risk degrees and distributions of meteorological disasters have been assessed. The facts and linear trends of the observed climate changes are calculated. The climate changes for the 21st century in Zhejiang Province have been projected by using the regional climate model. As an example of Lanjiang River, the impacts of climate change on the water resources in Zhejiang Province are projected by means of the distributed hydrological model. The impacts of the projected climate change on the agriculture in Zhejiang Province have been analyzed. Based on them, the strategies and suggestions replying to climate change are put forward and recommended.

Contents

Foreword	
Summary	(1)

Section I General Introduction

Chapter 1 Characteristics of Natural geography and environment in Zhejiang Province	
.....	(11)
1.1 Climatic characteristics	(11)
1.2 Terrain and topography	(11)
1.3 Rivers and lakes	(12)
1.4 Soil and vegetation	(14)
Main references	(15)

Chapter 2	Signification of research of climate resource, environment and climate change	(16)
2.1	Major issues of climate change in the present time	(16)
2.2	World climate research Plan	(17)
2.3	China paid highly attention to the issues of climate change	(19)
2.4	Zhejiang Province faced to tremendous stress of climate change	(20)
2.5	Purposes and significances of studying climate resources and climate changes	(21)
	Main references	(23)
Chapter 3	Challenges and strategy recommendations of climate change to Zhejiang Province	(24)
3.1	Assessments and strategies of climate change in China	(24)
3.2	Challenges of climate change to Zhejiang Province	(25)
3.3	Strategy recommendation of replying on the climate change	(27)
	Main references	(28)
 Section II Climate Resources and Regional Dividing in Zhejiang Province		
Chapter 4	Heat resources and regional dividing	(31)
4.1	Mean temperature	(31)
4.2	Temperature extremes	(33)
4.3	Critical temperature and accumulated temperature	(34)
4.4	Agricultural heat resources and regional dividing	(42)
	Main references	(44)
Chapter 5	Rainfall resources and regional dividing	(45)
5.1	Precipitation	(45)
5.2	Rain days	(48)
5.3	Efficient rainfall resources	(51)
5.4	Assessments on rainfall resources and regional dividing	(56)
	Main references	(57)
Chapter 6	Assessments on sunshine and solar energy resources	(58)
6.1	Sunshine hours	(58)
6.2	Sunshine percentages	(59)
6.3	Solar global radiation	(60)
6.4	Assessments of solar energy resources	(61)
	Main references	(61)
Chapter 7	Wind energy resources and regional dividing	(62)
7.1	Actuality of wind electricity	(62)
7.2	Average wind speed	(63)

7.3	Hours of effective wind speed	(66)
7.4	Mean wind power density	(68)
7.5	Wind resource capacity	(69)
7.6	Assessments of wind resources and regional dividing	(70)
	Main references	(73)

Section III Meteorological Disasters and Risk Evaluation in Zhejiang Province

Chapter 8	Meteorological anomalies and regional dividing of risks	(77)
8.1	Methodology of risk assessments based on information diffusion	(77)
8.2	Risk assessments of typhoons and regional dividing	(78)
8.3	Risk assessment of floods and droughts and regional dividing	(85)
8.4	Risk assessments of strong convection weather (hails, tornados, thunderstorms)	(89)
8.5	Risk assessment of spring disasters (late frozen frosts, spring cold, continuing overcast rainfall)	(93)
	Main references	(96)
Chapter 9	Meteorological disasters and assessments of agricultural risks	(97)
9.1	General situations of agriculture in Zhejiang Province	(97)
9.2	Risk assessments of main meteorological disasters and its impacts on agriculture	(98)
9.3	Risk assessments of agrometeorological disasters during rice growing season in Zhejiang Province	(106)
9.4	Risk assessments of cold damages during orange growing period	(116)
9.5	Risk assessments of meteorological disasters and insurances-example of orange cold damages	(120)
	Main references	(124)

Section IV Climate Change in Zhejiang Province

Chapter 10	Climate variances in Zhejiang Province	(129)
10.1	Climate change during geological periods	(129)
10.2	Climate change during historical time	(133)
10.3	Global climate warming in present time	(136)
	Main references	(138)
Chapter 11	Climate change for the last 50 years in Zhejiang Province	(139)
11.1	Climate warming	(139)
11.2	Climate change of precipitation	(146)
11.3	Change of weather and climatic events	(152)

11.4	sea level rise	(163)
	Main references	(164)
Chapter 12	Physical mechanisms of climate change in Zhejiang Province	(166)
12.1	External physical factors	(166)
12.2	Change of greenhouse gases	(168)
12.3	Global climate change	(173)
12.4	Change of East Asian monsoon	(176)
	Main references	(178)

Section V Climate Change in Zhejiang Province and its Projection of Impacts

Chapter 13	Projections of climate change for the 21st century in Zhejiang Province	(183)
13.1	Projections of climate change by IPCC	(183)
13.2	Projections of climate change in China	(192)
13.3	Regional climate models and its capability of simulations in Zhejiang Province	(194)
13.4	Projections of climate change for the 21st century in Zhejiang Province	(198)
	Main references	(202)
Chapter 14	Projections and impacts of climate change on water resources in Zhejiang Province	(204)
14.1	Situations of water resources and its changes	(204)
14.2	Impacts of climate change on water resources in Zhejiang Province	(206)
14.3	Applications of climate—hydrological models in Zhejiang Province	(208)
14.4	Projections of water resources changes in Zhejiang Province-example of Lanjiang river	(214)
	Main references	(219)
Chapter 15	Projections and impacts of climate change on agricultural climate resources	(221)
15.1	Change of water and heat conditions for agriculture	(221)
15.2	Impacts of climate change on regional dividing of agricultural heat resource in Zhejiang Province	(224)
15.3	Impacts of climate change on vegetation climate production in Zhejiang Province	(227)
15.4	Projections of changes of vegetation climate productions in Zhejiang Province-scenarios analysis	(229)
15.5	Impacts of climate change on agricultural productions and strategies	(233)
	Main references	(236)

摘要

本书首次系统地评估了在全球变化背景下浙江省的气候资源环境及其变化。揭示了浙江省气候资源的时空分布特征,评估了气象灾害的风险程度及其分布,分析了气候变化的事实及其趋势。利用区域气候模式预估了浙江省 21 世纪气候变化,利用分布式水文模式以兰江流域为例预估了气候变化对浙江水资源的影响,通过情景分析预估了气候变化对浙江农业的影响。在此基础上,提出了应对气候变化的对策建议。

一、浙江气候资源评价与区划

浙江省属于亚热带湿润季风气候,气候资源丰富、多样。

1. 温度和热量资源

全省自北到南年平均气温为 $15.6\sim 18.3^{\circ}\text{C}$ 。春季(3—5 月)平均气温为 $13.3\sim 17.4^{\circ}\text{C}$,夏季(6—8 月)平均气温为 $24.7\sim 28.0^{\circ}\text{C}$,秋季(9—11 月)平均气温为 $16.7\sim 20.5^{\circ}\text{C}$,冬季(12 月至翌年 2 月)平均气温为 $3.3\sim 9.1^{\circ}\text{C}$,气温年较差为 $19.7\sim 24.8^{\circ}\text{C}$ 。各地极端最高气温为 $33.5\sim 42.9^{\circ}\text{C}$,出现时段主要集中在 7,8 月份;极端最低气温为 $-3.5\sim -17.4^{\circ}\text{C}$,出现时段在 12 月至翌年 2 月间。无霜期自北到南为 241~351 d。 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间的积温为 $5706.0\sim 6736.9^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。各地稳定通过 $10\sim 10^{\circ}\text{C}$ 的持续期为 229~263 d,稳定通过 10°C 的积温为 $4911.8\sim 5805.0^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,由浙西北到浙东南逐步递增。

除高海拔地区可分为温凉层、温冷层、温寒层外,全省农业生产的热量资源分为三个区,这些地区的粮食种植制度、林果业等都与热量资源类型相适应。(1)浙北温和冬冷区, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $5000\sim 5300^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,可以采取中迟热搭配的双季稻三熟制种植,适宜油菜等越冬作物和枇杷等果树生长,包括湖州、嘉兴、绍兴、宁波、舟山、杭州(除淳安、建德)和三门县等地;(2)浙中浙南温暖冬次冷区, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $5300\sim 5600^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,连作晚稻的栽培上籼、粳型品种皆可种植,是柑橘等常绿果树和油桐、油茶等经济林木的主产区,是蔗糖等经济作物较适宜区,包括金华、衢州、淳安县和建德市、丽水大部地区、台州大部地区、温州北部和西部等地;(3)浙东南温热冬温区, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $5600^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 以上,双三熟制可以迟熟品种为主,品种搭配自由,宜大面积种植籼型杂交晚稻,适宜多种喜暖果木的发展,是本省热量条件最优的地区,分布在东南沿海的温瑞平原及其附近的丘陵河谷平原,东起温州市沿海海面,西至文成县东部。

2. 降水量和降水资源

全省年平均降水量为 $1092.0\sim 2029.0\text{ mm}$,由东北向西南递增,总的分布特点是:海岛少,陆地多;平原、盆地少,丘陵山区多。降水的季节分配不均,夏季平均降水量占全年的 $31.2\%\sim 45.4\%$,其次是春季、秋季,冬季最少。年平均降水日数为 $134.3\sim 206.7\text{ d}$,春季平均降水日数占 $29.0\%\sim 35.1\%$,其次是夏季、冬季,秋季最少。三季作物生长期降水资源丰富,雨热基本同季,稳定通过 $10\sim 22^{\circ}\text{C}$ 期间的降水量为 $664.5\sim 1346.6\text{ mm}$,雨日为 $69.9\sim$

112.0 d。

根据降水资源供给的季节分配,浙江降水资源类型可以分为三种:(1)西南山区单雨季单峰型,雨季集中在3月初至7月上旬,以6月中旬至6月下旬为峰期,属于梅雨型降水。这个区域春季和梅汛期容易发生暴雨洪涝,夏秋季容易发生干旱;(2)东南沿海双雨季双峰型,降水量集中3月中旬至7月上旬和7月下旬至9月下旬两个时期,以6月中旬和8月下旬为峰期,为梅汛、台汛两段雨季型,以台汛期为主要降水期。台风是这个区域的主要灾害,但也是主要的供水因素;(3)浙北地区单雨季双峰型,降水量集中3月中旬至9月下旬,雨季未中断但在6月下旬和8月下旬出现两个峰期,有梅汛、台汛,以梅汛期为主要降水期。这个地区是降水资源相对稳定的“鱼米之乡”。

3. 太阳能资源

全省各地年日照时数为1622.5~2033.2 h,年日照百分率为37%~46%。全省年太阳总辐射为4147.4~4670.1 MJ/m²,山区少于平原、沿海岛屿,西南部少于东北部。浙中盆地、浙北平原、沿海岛屿为全省太阳能的丰富区。农业生产光照资源充足,稳定通过10~22℃期间的日照时数为851.5~1121.3 h,太阳总辐射为2397.7~2936.7 MJ/m²。

4. 风能资源

风能资源是清洁的可再生能源。浙江风能资源储量丰富,风能资源开发利用前景可观。全省平均风速2.6 m/s(2 min 平均值)。把3~25 m/s之间的风速称为可利用风速或有效风速。浙江的有效风速小时数由海洋向内陆递减,海岛在6000 h以上,沿海地区在5000~6000 h左右,内陆地区除高山外一般在2000 h以下。其中,嵊泗的年平均有效风速小时数为7639 h,占到全年时数的87%。内陆高山山顶也有6000~7000 h,如天目山(6563 h),括苍山(6875 h)。全省风功率密度大致在10~400 W/m²之间,近海达300 W/m²以上,沿海地带也有100 W/m²左右,内陆一般在30 W/m²以下。

采用气象站多年测风资料(在离地面10 m)估算,浙江省陆地风能资源总储量约2120万kW,技术可开发量134万kW。全省风能资源分布划为三大类:(1)近海风能区,是我省风能资源的集中、丰富储藏区,包括舟山、宁波、台州、温州四个海域区,该区域年平均风速大,风速季节变化、日变化小,风能资源丰富,品位高,应当成为未来风电发展的重点开发区域,但要注意该区域易受台风侵袭;(2)沿海风能带,是浙江省的风能资源可利用区,包括杭州湾西部、杭州湾沿岸、大陆海岸带以及近岸大岛,该区域风速差异大,风速季节变化、日变化相对较大,还需要进一步加密探测提高资源探明程度;(3)内陆风能点,是特殊地形下的风能资源可利用区,由于浙江内陆的年平均风速一般在3 m/s以下,没有利用价值,但在一些局部地区受山脉、峡谷等特殊地形地势的作用,形成点状的风能资源局部丰富区,主要分布在台州、温州等地。

二、浙江气象灾害风险评价与区划

浙江省是我国气象灾害多发地区之一,气象灾害种类多、发生频率高、致灾影响重。农作物受灾面积的99%以上是气象灾害造成的,洪涝占总灾情的35.08%,台风占31.76%,干旱占19.7%,雪灾为5.5%,风雹灾为4.41%,低温冷害为2.97%。采用模糊数学处理的信息扩散方法对浙江的气象灾害风险进行评估。

1. 台风

将近中心最大风力 ≥ 8 级的热带气旋统称台风。浙江省是受台风影响最频繁的省份之一。近50年来,影响浙江的台风平均每年3.4个,最多时达6~7个(如2004年)。影响浙江的台风中,对农业等造成灾害的成灾台风约占影响台风总数的50%左右,平均每年1~2个。直接在本省东部沿海平原登陆的台风平均每年0.64个,最多时达2个或2个以上(如2007年)。本省受台风影响的季节在5—12月,5—10月台风有可能直接在本省沿海登陆,影响本省最频繁时段在7—9月,约占影响台风总数的85%。

岛屿、沿海是台风造成大风和暴雨的高风险区,内陆地区(不包括局地地形下)基本不会出现12级以上的台风,浙中西等地区受台风影响的过程雨量一般也不超过200 mm。因此,全省受台风影响的风险可以划分为四个类型:(1)严重影响区,包括沿海的温州大部地区、台州大部地区、宁波东南部地区,平均每年受台风影响3~4次,登陆台风约占全省登陆台风总数的2/3,台风影响时极大风力均在12级以上, ≥ 100.0 mm台风大暴雨平均2年1~2次,过程降水量 ≥ 200.0 mm平均2~3年1次;(2)重影响区,包括舟山、宁波、绍兴东部、嘉兴东部,平均每年受台风影响2~3次,登陆台风约占全省登陆台风总数1/3,台风极大风力均在12级以上, ≥ 100.0 mm台风大暴雨平均2~3年1次,台风影响过程降水量 ≥ 200.0 mm平均3~5年1次;(3)次重影响区,包括浙北地区、杭州中北部、绍兴、丽水东部、温州西部和台州西部地区,台风影响平均每年1~2次,台风经过时极大风力除局部外一般在10—12级, ≥ 100.0 mm台风大暴雨(除局部地形)平均3~10年1次,台风影响过程降水量 ≥ 200.0 mm平均3~5年1次;(4)轻影响或基本无影响区,包括杭州南部、衢州、金华、丽水西部,位于内陆,受台风影响平均每年不足1次,台风大风(除局部外)一般8~10级或不足8级, ≥ 100.0 mm台风大暴雨平均10年1次或1次以下,台风影响过程降水量 ≥ 200 mm的情况仅在局部地区偶有出现。

2. 干旱

夏秋干旱是本省最主要的气象灾害之一。浙江干旱发生以7—9月最为频繁,恰是双季连作稻等喜温作物的需水关键期,又是工矿企业和生活用水的高峰期,因此灾情影响也最重。干旱持续天数超过60天的风险概率分布为0~0.725。长时间持续干旱风险比较大的地区主要位于金衢盆地、浙西山区、沿海岛屿、浙北嘉兴地区、东南沿海的椒江、温岭、平阳、瑞安等地,概率在0.5以上。

全省干旱风险程度分为高、中、低三类:(1)干旱高风险区,包括西部内陆地区的金华、衢州、丽水3市和沿海玉环、舟山等岛屿地区,平均2年出现1次或1次以上;(2)中度风险区,包括湖州、嘉兴、杭州、绍兴、宁波等市,夏秋干旱平均3年1次;(3)干旱风险低值区,包括东南沿海台州和温州的丘陵平原地区,平均3年不到1次。就农业生产而言,丽水、衢州、温州、舟山、金华等地农业干旱灾害风险比较重。

3. 暴雨

浙江省暴雨发生主要集中在5—9月,约占全年暴雨总数的84.6%。其中,大暴雨出现最多的月份是8—9月,约占全年大暴雨日数的52%。

各地雨涝期间过程降水量超越200 mm的概率为0.20~0.79,浙北的安吉、萧山、昌化,浙西的衢州、开化,浙南的遂昌、括苍山等地出现的概率平均2年3次,为全省雨涝期间过程降水量超越200 mm的高风险区。全省各地出现雨涝期间过程降水量超越300 mm的概率为