



广东省气候业务 技术手册

《广东省气候业务技术手册》编撰委员会 编

气象出版社

广东省气候业务技术手册

《广东省气候业务技术手册》编纂委员会 编

气象出版社

内 容 简 介

本书以提高气候、生态与农业气象业务人员的业务能力为目的,内容主要涉及省、市、县气象部门相关业务人员必备的知识和技能。全书共分九章,重点介绍了气候资源、气候灾害与评估、气候区划、气候评价与气候预测、气候变化、生态与农业气象、气候资料与档案、气象服务效益评估、应用气象等业务技术。

本书可供气象、水文、地理、能源、环境、规划、建筑、医疗等部门的业务工作者及相关行业的科研人员和相关专业的大学师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

广东省气候业务技术手册/《广东省气候业务技术手册》编纂委员会编.
—北京:气象出版社,2008.4
ISBN 978-7-5029-4499-5

I. 广… II. 广… III. 气象-工作-广东省-技术手册
IV. P468.265-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 047119 号

广东省气候业务技术手册

Guangdongsheng Qihou Yewu Jishu Shouce

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

网 址:<http://cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxcbs@263.net

电 话:总编室 010-68407112,发行部 010-68409198

责任编辑:俞卫平 章澄昌

终 审:陆同文

封面设计:王 伟

责任校对:程铁柱

印 刷 者:北京京科印刷有限公司

开 本:880×1230 1/16

印 张:18.75 彩页:6

字 数:600 千字

版 次:2008 年 4 月第 1 版

印 次:2008 年 4 月第 1 次印刷

定 价:70.00 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。

《广东省气候业务技术手册》编委会

主任：余 勇

副主任：许永鏢

委员(以姓氏笔画为序)：

刘锦奎 肖永彪 宋丽莉 徐安高 钱光明

《广东省气候业务技术手册》编写组

主 编：钱光明

副主编：吕勇平 杜尧东 陈新光 王春林 汤海燕

成 员：李春梅 潘蔚娟 植石群 罗晓玲 林举宾 唐力生

刘 荣 詹兴伴 何 健 王 婷 陈 潜 黄珍珠

陈慧华 秦 鹏 曾 侠 郝全成

序

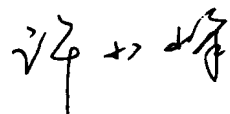
在全国气象部门深入学习贯彻十七大精神,全面贯彻落实科学发展观,坚持“公共气象、安全气象、资源气象”发展理念,扎实推进业务技术体制改革,发展现代气象业务的形势下,广东省气象局组织专家编写《广东省气候业务技术手册》,是一件非常有意义的工作,对提升应对气候变化的能力,提升气候、生态、环境保护的层次和水平将产生积极的作用。借此机会,我向为参与本手册编撰工作而付出辛勤劳动的广东省气象科技工作者表示祝贺。

气候是自然环境的一个组成部分,它几乎影响到人类生产生活的所有领域。气候业务是为经济社会发展的实际需要而开展的,其目的是为了指导人们应用气候的有利一面,尽可能以最小代价来避免其不利的一面,在不同的气候条件下,获得最大的经济和社会效益,并保持生态与环境不受破坏。

广东属热带和亚热带季风气候区,由于地处低纬,面临广阔的海洋,因此海洋和大陆均对广东气候有着非常明显的影响。广东气候类型多样,气候资源十分丰富,但又因其气候的不稳定性而处于“典型的气候脆弱区”,成为气候灾害频繁发生的省份。热带气旋、暴雨洪涝、干旱、低温冷害、高温、强对流、雷电、霾等,每年都可能给国民经济和人民生命财产造成严重危害。为了掌握气候及其变化规律,为政府、公众更好地提供气候应用和防灾减灾服务,广东省气候工作者在上级业务部门的指导下,在气候业务、服务、研究方面做了大量的工作,经过多年的分析、研究与探索,取得了较丰硕的成果,气候业务和服务水平不断地得到提高。

这本《广东省气候业务技术手册》,是广东省气象局组织专家在总结气候业务和研究成果的基础上编撰而成的。该《手册》系统地介绍了气候、生态与农业气象等业务技术,以及气候变化研究和影响评估方法,气候灾害及其评估,气象服务效益评估方法,应用气候研究方法等,既有理论分析、计算方法,也有实际应用的例子。《手册》的出版是广东省气象局加强气候、气候变化、生态与农业气象等业务建设的一项具体举措,将对广东省气象工作者进一步提高气候分析预测水平和相关能力建设提供支持和帮助,同时也为国民经济和社会发展以及人民福祉安康提供更加优质的气象服务起到积极作用。

希望广东省气象局组织业务人员认真学习本手册,并在业务实践中不断提高气候业务、服务和研究能力,不断总结、丰富《手册》的内容。也希望各省从事气候业务的科技和管理人员能向广东气象工作者学习,借鉴他们的做法,结合本地实际情况,注意加强气候业务建设,加强学习和总结,不断提高气候业务水平,为经济社会的全面、协调、可持续发展提供优质服务。



2007年12月

前 言

一地气候的形成,取决于当地的太阳辐射、大气环流和地理、地形条件。广东位于中国大陆的最南端,地处低纬,北依南岭,南临南海,故其气候具有明显的热带、亚热带季风气候特征。

广东的气候优势是:有丰富的光、热、水资源。气候的突出特点是:冬无严寒,夏无酷暑,气候暖热,雨量充沛;丘陵起伏,地形复杂,气温垂直差异大,气候类型多样。它的不足是气候灾害多,且出现频繁,一年四季均有气候灾害出现的可能:春季有低温阴雨,春夏季节有暴雨和强对流,夏季有高温,夏秋季节有热带气旋,秋季有寒露风和霜降风,冬半年有寒潮、低温霜冻,四季有干旱,等等。气候灾害往往给广东省的经济和人民的生命财产带来巨大损失。因此,在充分利用气候资源的同时,还应密切关注气候灾害的影响。

《广东省气候业务技术手册》共分9章,介绍了广东省气候和农业气象工作者在气候监测、气候变化、气候预测、气候评估,以及气候应用和农业气象等方面所做的工作,还提及了防避气候灾害的相应措施和气候灾害评估等内容,可供政府机关、生产部门、技术人员,以及广大气象工作者参考使用。

本《手册》是广东省气候中心全体业务科研人员共同努力的成果,各章节的编著者如下。第一章(气候资源):陈潜(第一节)、陈新光(第二节、第五节)、王婷(第三节)、植石群(第四节);第二章(气候灾害与评估):罗晓玲(第一节、第五节、第八节)、李春梅、潘蔚娟(第二节)、王春林(第三节、第四节)、秦鹏(第五节)、钱光明(第六节、第八节)、潘蔚娟(第七节)、曾侠(第八节);第三章(气候区划及专项区划):李春梅;第四章(气候影响评价和短期气候预测业务):罗晓玲、郝全成(第一节)、潘蔚娟、王婷、曾侠(第二节);第五章(气候变化研究):杜尧东、钱光明;第六章(生态与农业气象业务):黄珍珠(第一节、第二节、第三节)、李春梅(第四节)、陈新光(第五节)、陈慧华(第六节、第七节)、唐力生(第八节、第九节);第七章(地面气候资料与气象档案):吕勇平(第一节、第二节、第三节)、詹兴伴(第四节、第五节、第六节);第八章(气象服务效益评估):林举宾、钱光明;第九章(应用气象):李春梅(第一节)、植石群(第二节)、何健(第三节)、刘荣(第四节)、汤海燕(第五节)。

余勇局长、许永鏢副局长多次对《手册》编写工作作出指示并终审了全稿,宋丽莉、刘锦銮、肖永彪、徐安高等编委对《手册》进行了审定,谨表示衷心感谢。

陈连宝高级工程师审阅了《手册》全稿,并提出宝贵的修改意见。陈特固教授、涂悦贤高级工程师分别对第五章和第八章的编写工作给予了许多帮助。在此,一并表示感谢。

在《手册》撰写过程中,参考了他人许多研究成果,参考文献中所列的成果可能还不齐全,请有关作者谅解,并对此深表谢意。

由于气候业务技术涉及领域较广,《手册》编写组人员水平有限,加上编写时间仓促,故错、漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

《广东省气候业务技术手册》编写组

2007年9月

目 录

序 前 言

1 气候资源	(1)
1.1 太阳能资源分析与评价	(1)
1.1.1 太阳能简介	(1)
1.1.2 太阳总辐射量的观测和计算	(1)
1.1.3 太阳总辐射的分布特征	(3)
1.1.4 日照时数的分布特征	(4)
1.1.5 太阳能资源的评价	(5)
1.1.6 太阳能开发利用的优势	(6)
1.2 热量资源分析	(7)
1.2.1 年平均气温	(7)
1.2.2 极端气温	(7)
1.2.3 四季划分与各季平均气温	(8)
1.2.4 月平均气温	(8)
1.2.5 界限温度初终日和积温	(9)
1.2.6 山区热量资源概况	(10)
1.3 水分资源特征与评价	(12)
1.3.1 水分资源的分布特征	(12)
1.3.2 水分资源的利用率评价	(14)
1.3.3 空中水资源开发潜力	(14)
1.4 风能资源分析与评价	(16)
1.4.1 风速风向的分布及变化特征	(17)
1.4.2 风能资源的计算及评价	(19)
1.5 区域气候概述	(24)
1.5.1 分区原则	(24)
1.5.2 分区评述	(25)
参考文献	(26)
2 气候灾害与评估	(27)
2.1 热带气旋	(27)
2.1.1 等级划分	(27)
2.1.2 影响程度分类	(27)
2.1.3 影响广东的热带气旋时空分布特征	(28)
2.1.4 历史上有关热带气旋的几个极值	(29)
2.1.5 热带气旋生成源地和路径	(30)
2.1.6 热带气旋影响下的天气	(31)
2.1.7 热带气旋灾害的影响及对策	(32)
2.1.8 历史记载的特强热带气旋灾害个例	(33)
2.1.9 热带气旋灾害评估方法	(34)
2.2 暴雨洪涝	(36)
2.2.1 暴雨的标准及特点	(36)

2.2.2	暴雨时空分布特征	(37)
2.2.3	暴雨强度特征	(39)
2.2.4	暴雨日数的变化趋势	(41)
2.2.5	洪涝灾害的标准及其特点	(42)
2.2.6	洪涝灾害的地区分布特征	(42)
2.2.7	洪涝灾害的主要危害	(44)
2.2.8	暴雨灾害的评估	(46)
2.2.9	暴雨灾害的评估指标	(46)
2.2.10	暴雨灾害的评估方法	(47)
2.2.11	评估效果	(49)
2.3	干旱	(50)
2.3.1	干旱的概念及指标	(50)
2.3.2	干旱的时空分布特征	(56)
2.3.3	干旱灾害气候成因	(57)
2.3.4	干旱对农业生产的影响和危害	(58)
2.3.5	干旱灾害的防御对策	(60)
2.3.6	量化干旱监测评估方法	(61)
2.4	寒冷灾害	(64)
2.4.1	冬季寒害	(64)
2.4.2	春季低温阴雨和倒春寒	(71)
2.4.3	秋季寒露风和霜降风	(72)
2.4.4	量化寒害监测评估技术	(73)
2.5	强对流天气	(77)
2.5.1	强对流天气的特点	(77)
2.5.2	分类定义	(78)
2.5.3	分布特征	(80)
2.5.4	主要危害及防御对策	(88)
2.5.5	强对流天气灾害评估方法	(90)
2.6	雷暴	(91)
2.6.1	雷暴的分布特征	(91)
2.6.2	雷电灾害的出现情况	(94)
2.6.3	典型雷灾实例	(94)
2.6.4	雷电灾害的防御措施	(95)
2.7	高温热害	(97)
2.7.1	高温热害的时间分布	(97)
2.7.2	高温热害的地区分布	(98)
2.7.3	高温热害的阶段特征	(99)
2.7.4	高温的主要危害	(100)
2.7.5	高温热害评估方法	(101)
2.8	灰霾	(105)
2.8.1	灰霾概述	(105)
2.8.2	霾日的空间分布	(106)
2.8.3	霾日的时间分布	(107)
2.8.4	灰霾灾害的发展趋势	(109)
2.8.5	灰霾的影响与防治	(110)

参考文献	(111)
3 气候区划及专项区划	(113)
3.1 气候区划	(113)
3.1.1 中亚热带	(113)
3.1.2 南亚热带	(114)
3.1.3 边缘热带	(115)
3.2 专项区划	(115)
3.2.1 农业气候区划	(115)
3.2.2 太阳能区划	(120)
3.2.3 风能区划	(120)
参考文献	(122)
4 气候影响评价和短期气候预测业务	(123)
4.1 气候影响评价	(123)
4.1.1 气候影响评价的目的和意义	(123)
4.1.2 目前开展的气候评价业务种类	(123)
4.1.3 常用评价方法、产品发布、国家局或省局的有关业务规定	(123)
附件一 气候影响评价业务规定	(128)
附件二 广东省市县气候影响评价业务规定	(131)
附件三 干旱监测和影响评价业务规定	(133)
4.2 短期气候预测	(135)
4.2.1 短期气候预测的目的和意义	(135)
4.2.2 目前开展的气候预测业务种类	(135)
4.2.3 常用预测方法	(136)
4.2.4 产品发布	(142)
参考文献	(142)
5 气候变化研究	(143)
5.1 气候变化研究方法	(143)
5.1.1 历史文献气候记载研究方法	(143)
5.1.2 生物学方法	(143)
5.1.3 地质地貌方法	(144)
5.1.4 同位素方法	(145)
5.1.5 统计诊断方法	(145)
5.1.6 数值模拟模式	(154)
5.2 气候变化影响评估方法	(155)
5.2.1 对已发生的气候变化影响的评估方法	(155)
5.2.2 对未来气候变化影响的评估方法	(155)
5.3 广东气候的过去和未来	(158)
5.3.1 过去气候变化特征	(158)
5.3.2 未来气候变化趋势	(164)
参考文献	(166)
6 生态与农业气象业务	(168)
6.1 农业气象观测	(168)
6.1.1 作物观测	(168)
6.1.2 自然物候观测	(170)
6.1.3 土壤水分观测	(171)

6.1.4	农气报表上报说明	(172)
6.2	农业情报调查	(172)
6.2.1	农情调查作物种类	(172)
6.2.2	农情调查内容及要求	(172)
6.2.3	有关业务规定	(173)
6.3	农业气象情报预报	(173)
6.3.1	农业气象情报预报的目的和意义	(173)
6.3.2	产品内容及质量要求	(173)
6.3.3	农业气象情报预报制作、发布业务流程	(174)
6.4	农业气象产量预报	(175)
6.4.1	概念、任务和意义	(175)
6.4.2	农业气象产量预报的分类	(175)
6.4.3	农业气象产量预报时效	(175)
6.4.4	农业气象产量预报的预报方法	(176)
6.4.5	有关的业务规定	(177)
6.5	农用天气预报	(177)
6.5.1	农用天气预报与一般天气预报的区别	(177)
6.5.2	广东省农用天气预报的主要内容	(178)
6.5.3	农用天气预报的生产服务效果	(180)
6.6	农作物病虫害	(180)
6.6.1	病虫害发生发展与气象条件的关系	(180)
6.6.2	病虫害发生流行与气候背景	(183)
6.6.3	病虫害发生流行与气候变化	(183)
6.6.4	病虫害气象预测	(183)
6.6.5	农作物病虫害指标	(184)
6.7	生态气象观测	(190)
6.7.1	生态气象观测的目的和意义	(190)
6.7.2	生态气象观测的基本要求	(191)
6.7.3	观测项目	(191)
6.8	生态质量气象评价	(193)
6.8.1	生态质量气象评价主要内容	(193)
6.8.2	生态质量评价指标体系及指标内容	(193)
6.8.3	评价指标计算方法	(194)
6.8.4	生态环境质量分级	(196)
6.8.5	生态环境质量变化幅度分级	(197)
6.9	卫星遥感在生态与农业气象中的应用	(197)
6.9.1	目的与意义	(197)
6.9.2	卫星遥感应用现状及发展趋势	(197)
6.9.3	具体应用	(199)
6.9.4	广东省卫星遥感应用存在的问题及解决方法	(205)
	参考文献	(206)
7	地面气候资料与气象档案	(207)
7.1	气候资料的信息化文件格式	(207)
7.1.1	A0 文件格式	(207)
7.1.2	A1 文件格式	(208)

7.1.3	风向风速自记记录纸信息化格式	(209)
7.1.4	A6 及 A7 文件格式	(209)
7.1.5	V0 及 V1 文件格式	(209)
7.1.6	W 文件格式	(209)
7.1.7	最新地面测报系统文件 A、J、Y、R 文件格式	(209)
7.1.8	降水自记资料格式	(210)
7.1.9	酸雨报表文件格式	(210)
7.2	质量控制方法及软件	(210)
7.2.1	格式检查	(211)
7.2.2	极值检查	(211)
7.2.3	逻辑检查	(211)
7.2.4	合理性检查	(211)
7.2.5	统计检查	(211)
7.2.6	连续性检查	(211)
7.2.7	相关性检查	(211)
7.2.8	质量控制程序	(211)
7.3	地面气候资料的统计整编	(212)
7.3.1	不同观测时次资料的统计	(212)
7.3.2	夜间不守班与昼夜守班观测的天气日数的统计	(212)
7.3.3	站址迁移前后资料的统计	(212)
7.3.4	统计时段的划分	(212)
7.3.5	不完整资料的统计	(212)
7.3.6	历年值的统计	(213)
7.3.7	累年值的统计	(213)
7.3.8	缺测资料的插补订正	(214)
7.3.9	各项目的统计方法	(214)
7.4	气象档案的归档管理	(215)
7.4.1	气象档案的类别	(215)
7.4.2	气象档案的建档、归档、验收、移交要求	(216)
7.4.3	气象档案的安全保护	(217)
7.5	各类气象档案的归档范围	(218)
7.5.1	气象部门机关档案的归档范围	(218)
7.5.2	气象记录档案的保管和归档范围	(219)
7.5.3	气象业务技术档案归档范围	(219)
7.5.4	气象科研档案归档范围	(219)
7.5.5	气象基本建设档案归档范围	(220)
7.5.6	气象仪器设备档案归档范围	(221)
7.5.7	气象部门房地产档案归档范围	(222)
7.5.8	气象部门会计档案归档范围	(222)
7.5.9	气象部门照片档案归档范围	(222)
7.5.10	气象部门声像档案归档范围	(223)
7.6	气象台站历史沿革数据文件格式	(223)
7.6.1	文件名、类型及其构成	(223)
7.6.2	文件内容的结构	(223)
7.6.3	文件内容的格式	(224)
7.6.4	地面气象台站简化历史沿革数据文件个例	(224)
	参考文献	(225)

8 气象服务效益评估	(226)
8.1 概述	(226)
8.1.1 气象服务效益的内涵	(226)
8.1.2 气象服务效益的分类	(226)
8.1.3 气象服务效益评估的目的、任务和难点	(226)
8.1.4 气象服务效益评估的基本方法	(227)
8.1.5 农业气象决策服务潜在经济效益理论评估方法研究	(229)
8.1.6 用文献信息统计法评估我国行业气象敏感性	(231)
8.2 决策气象服务效益评估	(233)
8.2.1 决策气象服务的内涵及其意义	(233)
8.2.2 决策气象服务的重点	(233)
8.2.3 决策气象服务效益与评估的基本方法	(235)
8.2.4 粮食安全决策气象服务及其效益评估	(236)
8.2.5 极端天气气候灾害决策气象服务与效益评估	(239)
8.2.6 效益评估举例	(240)
8.3 公众气象服务效益评估	(241)
8.3.1 公众气象服务的内涵和效益评估的思路	(241)
8.3.2 公众气象服务效益资料的获取	(241)
8.4 专业气象服务效益评估	(242)
8.4.1 专业气象服务的内涵和评估的特点	(242)
8.4.2 评估方法	(243)
参考文献	(244)
9 应用气象	(245)
9.1 气候极值推断统计	(245)
9.1.1 给定重现期的气候极值推断	(245)
9.1.2 较为异常事件的频数分布	(250)
9.2 风压计算	(253)
9.2.1 原始风速记录的处理	(253)
9.2.2 不同重现期最大风速计算	(254)
9.2.3 风压的计算	(256)
9.2.4 广东省风压分布	(257)
9.3 暴雨强度计算	(258)
9.3.1 暴雨强度计算的意义	(258)
9.3.2 暴雨强度公式的定义	(258)
9.3.3 计算方法	(258)
9.3.4 个例	(260)
9.4 大气污染与气象	(262)
9.4.1 大气污染基本概念	(262)
9.4.2 大气污染物的来源及主要控制因子	(263)
9.4.3 大气污染的危害	(263)
9.4.4 气象因素对大气污染的作用	(263)
9.4.5 大气污染评价中需要的气象资料	(264)
9.4.6 大气污染对气候的影响	(264)
9.4.7 广东省逆温层特征与大气污染物最大落地浓度关系	(265)
9.4.8 风向风速与大气污染的关系	(267)
9.5 健康与气象	(267)
9.5.1 气象要素作用于人体的部位和机制	(267)

9.5.2 太阳辐射对健康的影响	(269)
9.5.3 气温对健康的影响	(270)
9.5.4 水湿条件对人体的影响	(271)
9.5.5 气压和风对人体的影响	(273)
9.5.6 空气离子对人体的影响	(274)
9.5.7 小气候对人体的影响	(275)
9.5.8 各类疾病多发的气象条件	(277)
参考文献	(281)

1 气候资源

广义的气候资源是指大气圈中光、热、水、风能和空气中的氧、氮以及负离子等可以通过开发利用为人类形成有使用价值的气候条件。它是自然资源的重要组成部分,是人类赖以生存和发展的基本条件。狭义的气候资源是指气象部门开展日常观测的光、热、水、风等气候要素,这些要素是气候资源中最基本也是最主要的内容。在气候业务和服务中,这些要素常被用于当地气候背景描述、气候资源开发利用、气候变化分析以及气候灾害监测、评估等方面。

气候资源具有以下几个特征:第一,不可或缺性。气候资源在生产和生活中是必需的。没有太阳辐射、没有有效热量、没有降水,植物将停止生长,自然界也将变得死寂。第二,自然性。气候资源是天然的,无需加工,也不因生产而产生废弃物。第三,利弊相生性。气候资源不同于其他资源,它不仅具有巨大的潜在价值,同时也会由于开发利用不当而产生严重的灾害,因此对于气候资源既要趋利,也应避害。第四,多样性。自然地理以及大气状况、时空分布决定了气候资源的多样性。在一些地方水平和垂直方向上的气候差异就很大,特别是山区常有“十里不同天”的说法。气候的多样性带来生物的多样性,成为发展特色农业、特色旅游的前提和基础。同时气候的多样性使得气候资源开发利用的潜在经济效益十分巨大,随着社会的发展,气候资源的许多新的内容也正在涌现。如某些旅游风光、体育比赛和疾病医疗往往需要特殊的气候条件,也即新的气候资源。气候资源将有越来越多的内涵。

1.1 太阳能资源分析与评价

1.1.1 太阳能简介

太阳是一个巨大、久远、无尽的能源,太阳能是太阳内部连续不断的核聚变过程产生的能量。太阳向茫茫宇宙空间辐射着大量的电磁波,其中射向地球的那一部分,给地球输送了大量的光和热。虽然太阳辐射到地球大气层的能量仅为其总辐射能量(约为 $3.75 \times 10^{26} \text{ W}$)的22亿分之一,但已高达 $1.73 \times 10^{15} \text{ W}$ 。地球上的风能、水能、海洋温差能、波浪能、地热、生物质能以及部分潮汐能都是来源于太阳;即使是地球上的化石燃料(如煤、石油、天然气等)从根本上说也是远古以来储存下来的太阳能。

太阳能作为可再生能源的一种,则是指太阳能的直接转化和利用。20世纪50年代,太阳能利用领域出现了两项重大技术突破:一是1954年美国贝尔实验室研制出6%的实用型单晶硅电池;二是1955年以色列Tabor提出选择性吸收表面概念和理论,并研制成功选择性太阳能吸收涂层。这两项技术的突破,为太阳能利用进入现代发展时期奠定了技术基础。20世纪70年代以来,鉴于常规能源供给的有限性和环保压力的增加,世界上许多国家掀起了开发利用太阳能和可再生能源的热潮。开发利用太阳能和可再生能源成为国际社会的一大主题和共同行动,成为各国制定可持续发展战略的重要内容。

自“六五”计划以来,我国政府一直把研究开发太阳能和可再生能源技术列入国家科技攻关计划,大大推动了我国太阳能和可再生能源技术和产业的发展。20多年来,太阳能利用技术在研究开发、商业化生产、市场开拓方面都获得了长足发展,成为世界快速、稳定发展的新兴产业之一。

1.1.2 太阳总辐射量的观测和计算

太阳辐射是地面的主要能源,对生产生活有着重要影响,然而用于直接测量太阳辐射的站点却十分稀少,一些省、市、区甚至全国的太阳辐射量均是基于气候学方法进行计算的。此外,国内外学者对

太阳辐射也进行了大量的研究,取得了不少可贵的进展,但是由于考虑区域的大小及所用资料的年限长短不同,同时影响太阳辐射的因子很多,这些研究成果在使用时均受到时间和空间的限制。

广东位于华南,南北直距约 800 km,东西直距约 1 000 km,境内有海岸线、平原、台地、丘陵、山地等多种地形,地理纬度跨度大以及复杂的地形使得不同地区之间太阳辐射差异明显。但是,广东省仅有广州、汕头两个太阳辐射观测站点,其余地区只有靠经验公式来计算。广州、汕头的月太阳总辐射如表 1.1.1 所示。

表 1.1.1 广州、汕头月太阳总辐射量(MJ·m⁻²)

站名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
广州	276.4	215	229.2	261.3	352.6	386.4	462.9	433.2	419.3	418.5	373.9	353.2
汕头	322.1	274.3	319.8	374.7	425.5	460.8	568.4	538.2	488.3	461.5	368.4	351.2

目前,国内外太阳总辐射的气候学计算方法可归纳为:

$$Q = Q_0 f(s, n) \quad (1.1.1)$$

$$Q = Q_1 f(s, n) \quad (1.1.2)$$

$$Q = Q_2 f(s, n) \quad (1.1.3)$$

其中 Q 为地表接受到的太阳总辐射, Q_0 、 Q_1 、 Q_2 分别为天文总辐射、晴天大气总辐射、理想大气总辐射; $f(s, n)$ 是以日照百分率 s 和总云量 n 表示的天空遮蔽度函数。研究表明,使用晴天大气总辐射、理想大气总辐射或天文总辐射作为计算太阳总辐射的基数值,计算效果基本无差别。

为了获得更精确且符合当地实际的太阳总辐射值,国内外曾研制出多种计算太阳辐射的经验公式,一般采用下列的线性方程计算:

$$Q = Q_0 [a + b \times (s/s_0)] \quad (1.1.4)$$

式中 Q 为太阳总辐射(可直接测量或待计算值), Q_0 为天文辐射(可查表获得), s 为实测日照时数(可直接测量), s_0 为太阳可照时数(可查表获得), s/s_0 为日照百分率(可从地面观测的年报表中获得), a 、 b 为待定系数。

1.1.2.1 天文辐射月总量的计算

由天文辐射日总量公式计算出天文辐射总量,然后采用逐日求和的精确累计法计算天文辐射月总量。天文辐射日总量的计算公式如下:

$$Q_0 = \frac{TI_0}{\pi\rho^2} (\omega_0 \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \sin\omega_0) \quad (1.1.5)$$

其中 Q_0 为天文辐射日总量(MJ·m⁻²); T 为一天长度(s); I_0 为太阳常数(1.368×10⁻³ MJ·m⁻²·s⁻¹); ρ 为日地相对距离; ω_0 为日落时角(rad); φ 为地理纬度(rad); δ 为太阳赤纬(rad)。

日地相对距离 ρ 由式(1.1.6)计算:

$$\rho = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.033\cos(2\pi J/365)}} \quad (1.1.6)$$

式中 J 为年内的天数,从 1 月 1 日的 0 到 12 月 31 日的 364。

太阳赤纬由式(1.1.7)计算:

$$\delta = 0.409\sin(0.0172J - 1.39) \quad (1.1.7)$$

日落时角由式(1.1.8)计算:

$$\omega_0 = \arccos(-\tan\varphi \tan\delta) \quad (1.1.8)$$

1.1.2.2 月太阳总辐射计算公式的建立和检验

根据广州、汕头 1961—2002 年历年各月的总辐射和日照百分率,采用最小二乘法拟合出式(1.1.4)中各月的经验系数。为了检验这些方程是否有意义,计算了各月回归方程的复相关系数 R 和 F 值(表 1.1.2)。可以看出,广州、汕头两地各月的复相关系数均在 0.70 以上,所有 $F_{\text{计算值}} > F_{0.01}$,表明所有方程回归总体效果显著。

表 1.1.2 广州、汕头各月总辐射计算公式的经验系数和统计检验参数

站点	项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
广 州	a	0.1367	0.1269	0.1041	0.1295	0.1585	0.1836	0.1858	0.1530	0.1940	0.1592	0.1885	0.1906
	b	0.6194	0.6214	0.6866	0.5856	0.4899	0.4079	0.3950	0.4845	0.4370	0.5500	0.5210	0.5130
	R	0.9506	0.9257	0.9660	0.8770	0.8566	0.8077	0.7649	0.8529	0.8453	0.8841	0.8675	0.8006
	F	356.2	227.6	531.1	126.6	104.7	71.3	53.6	101.4	95.1	136.1	115.6	67.9
汕 头	a	0.1668	0.1518	0.1438	0.1591	0.1444	0.1982	0.1145	0.2145	0.1737	0.2091	0.1991	0.2091
	b	0.5791	0.6171	0.6169	0.5887	0.6208	0.4401	0.5959	0.4270	0.5138	0.4807	0.5210	0.5048
	R	0.9342	0.9245	0.9182	0.8770	0.8757	0.7609	0.7465	0.7415	0.7030	0.8026	0.8219	0.8611
	F	260.5	223.4	204.1	140.3	125.0	52.2	47.8	46.2	37.1	68.8	79.1	109.0

利用广州、汕头站的回归方程、当地各月日照百分率多年平均值和月天文辐射计算全省各县市水平地面的月平均太阳总辐射(粤东地区各县市利用汕头站的回归方程计算,其余县市利用广州站的回归方程计算)。由于广东地形复杂,简单套用以上两站的回归方程可能会造成一定的误差,但是随着太阳辐射观测站的增多以及观测资料的不断完善,有望在将来进一步改善。

1.1.3 太阳总辐射的分布特征

1.1.3.1 太阳辐射年变化

图 1.1.1 是韶关(粤北)、广州(粤中)、汕头(粤东)、湛江(粤西南)太阳总辐射年变化曲线。从图 1.1.1 可以看出,全省各地太阳总辐射年变化趋势有单峰型和双峰型两种,单峰型太阳总辐射以 7 月份最大,2 月份最小,除雷州半岛以外,其他地区都表现为这种类型。这主要是由于广东 6 月份正处于前汛期后期,阴雨天较多,日照较少,虽然 6 月份天文总辐射最大,但受阴雨天的影响,总辐射因而受到削弱,而 7 月份正处于夏季风最盛行时期,副热带高压稳定控制广东,多晴好天气,天文总辐射也仅次于 6 月份,因此,太阳总辐射最大。2 月份广东处于冬春转换季节,北方冷空气频频南下,而海洋暖湿空气也开始活跃北上,两股气流对峙,使广东经常出现低温阴雨天气。统计资料表明,2 月份出现低温阴雨的几率粤北达 50%~100%,粤中达 30%~60%,粤东达 20%~40%,粤西南也有 10%~20%。出现低温阴雨天气时,低云多,云层厚,日照时数往往少于 2 小时。因此,虽然天文总辐射以 12 月份最少,但到达地面的太阳总辐射以 2 月份最少。

双峰型变化除 7 月份出现一次高值外,5 月份也有一个次高值,而 6 月份为一相对低值。这种类型主要出现在雷州半岛。

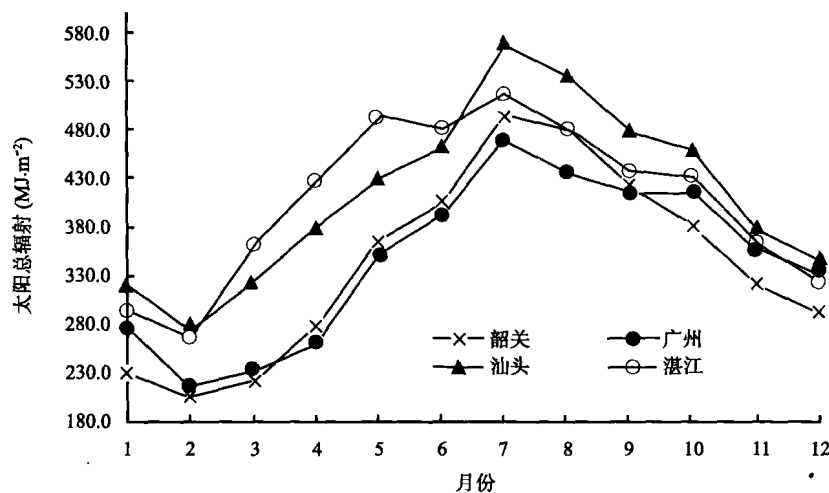


图 1.1.1 广东省不同地区太阳总辐射的年变化

1.1.3.2 太阳辐射的地区分布

全省年总辐射在 3 758.8 ~ 5 273 MJ·m⁻²之间(彩图 1.1.2,见插页)。分布趋势东部和沿海多,北部、西部和内陆少。东部地区年总辐射达 4 600~5 270 MJ·m⁻²,其中南澳 5 273 MJ·m⁻²为最大,

澄海、饶平、潮阳也都在 $5\ 100\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上,雷州半岛的雷州、徐闻年总辐射在 $4\ 790\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上。西部和北部年太阳总辐射较少,连山和云浮为两个低值中心,年太阳总辐射分别为 $3\ 758.8$ 和 $3\ 926.3\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 。和平—龙门—广州—恩平—廉江一线以西、以北地区,年太阳总辐射低于 $4\ 500\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

1 和 2 月份太阳总辐射自沿海和东部向西部、北部减少。最高值出现在粤东的南澳岛,1 和 2 月份总辐射分别为 353.5 和 $314.4\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$,最低值出现在连州、连山和连南,1 和 2 月份总辐射分别在 210 和 $190\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 以下。

3 和 4 月份,粤北的连南、连州仍为低值区,其值分别在 200 和 $250\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 以下,此外,云浮也成为另外一个低值区,3 和 4 月份的太阳总辐射分别在 210 和 $270\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 以下。最高值出现在雷州半岛的徐闻,3 和 4 月份的太阳总辐射分别达 362.1 和 $427.4\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

5、6 月份为广东的前汛期,云量多,日照少,所以尽管天文辐射值高,但太阳总辐射并不比 4 月份高很多。5 和 6 月份,大面积的低值区位于粤北地区,其中,乐昌太阳总辐射最低,分别只有 328.7 和 $357\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 。5 和 6 月份最高值都出现在雷州半岛的徐闻,太阳总辐射分别达 492.3 和 $483.9\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

7 月份广东前汛期结束,进入西太平洋副热带高压控制期,以少云晴朗为主的天气,所以自 6—7 月份,全省各地总辐射都明显增大,总辐射的分布呈现两高三低的态势。两个高值区分别位于雷州半岛和粤东地区,其中雷州半岛的徐闻太阳总辐射为 $515.9\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$,粤东的饶平高达 $590.8\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 。三个低值中心分别位于云浮、连山和佛冈,其值分别为 443.4 、 445.9 和 $469.3\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

8、9 和 10 月份的分布形势和 7 月份相似,只是高值中心稍有不同。8 月份云浮、连山和佛冈三个低值中心的总辐射分别为 423.4 、 423.1 和 $463.5\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$,高值中心出现在澄海,总辐射达 $553.9\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$;9 月份云浮、连山和佛冈三个低值中心的总辐射分别为 402.2 、 393.4 和 $436.4\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$,最高值出现在南澳,总辐射达 $500.6\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$;10 月份有两个低值中心云浮和连州,总辐射值分别为 379.9 和 $355.1\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$,最高值仍出现在南澳,其值为 $486\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

11 月份连州仍为低值区,太阳总辐射为 $302.1\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$,但云浮的低值中心消失,高值仍为南澳,太阳总辐射达 $391.7\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

12 月份全省各地太阳总辐射在 $269.7 \sim 362\ \text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 之间。最低值位于连州,最高值出现在饶平。

1.1.4 日照时数的分布特征

日照时数是指太阳直接辐照度达到或超过 $120\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 时间段的总和,以小时(h)为单位,取一位小数,也称实照时数。年日照时数的多少对该地区太阳辐射的强弱有着重要的影响,年日照时数越多,该地区的太阳辐射也相应越强。可照时数(也称天文可照时数),则是指在无任何遮蔽条件下,太阳中心从某地东方地平线到进入西方地平线,其光线照射到地面所经历的时间。年可照时数与纬度有关,可由公式计算,也可从天文年历或气象常用表查出。日照百分率,即日照时数与可照时数(全天无云时应有的日照时数)之比,它反映了某些气候条件(主要是云、雨、雾、尘、沙等)使日照减少了多少时间(%)。

1.1.4.1 日照时数的月变化

图 1.1.3 是韶关(粤北)、广州(粤中)、汕头(粤东)、湛江(粤西南)日照时数的月变化曲线。从图 1.1.3 可以看出,全省各地日照时数呈单峰型,2、3 月份最少,7 月份最多,其他地区也表现为这种类型。这是因为 6 月份处于前汛期后期,主要受西南暖湿气流的控制,阴雨天气较多;7 月份正处于夏季风最盛行时期,此时前汛期已经结束,副热带高压开始稳定地控制着广东,天气多晴好无云,而且 7 月份的可照时数也仅次于 6 月份,因此,7 月份的日照时数往往最多。而 2、3 月份广东处于冬春转换季节,一方面北方的冷空气频频南下,同时海洋暖湿空气此时也开始活跃北上,两股气流对峙,在华南地区形成准静止锋,使广东出现持续的低温阴雨天气。出现低温阴雨天气时,低云多,云层厚,日照时数往往少于 2 h,这些因素导致 2、3 月份的日照时数为全年最少。

1.1.4.2 日照时数的地区分布

彩图 1.1.4(见插页)为广东 1971—2000 年的平均日照时数地区分布图。由图可以看出,年日照时