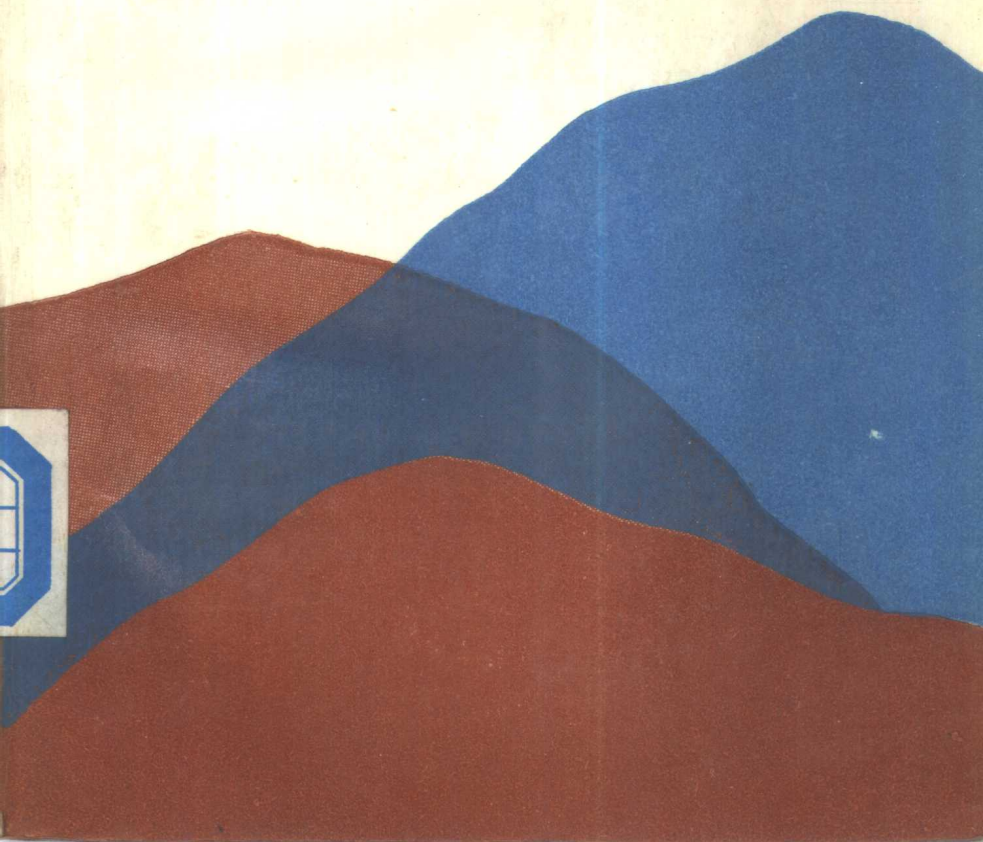


山区地形气候

● 翁笃鸣 罗哲贤

● 高家出版社



山区地形气候

翁笃鸣 罗哲贤 编著

气象出版社

内 容 简 介

本书是作者长期从事山区气候研究、教学的经验总结。全书共九章，前八章系统地阐述了山区地形气候的形成规律、基本特点、山区气候要素的推算方法、山区气候考察资料的超短序列订正、延长方法以及山区气候分析方法和考察方法。第九章专门介绍了山区气候数值模拟的基本概念和方法。

本书主要特点是把山区各种空间尺度的气候综合在一起作为统一的整体进行论述。本书取材广泛，较全面地反映了我国各主要山地的气候特点。因此对研究我国山区气候和开发利用山区气候资源有理论和实用价值。

本书可供气象、气候、农业气象、地理、水文以及农、林、牧业和能源、交通等专业人员和大、中专院校师生阅读。

山区地形气候

翁笃鸣 罗哲贤 编著

责任编辑 殷 钰

* * *

气象出版社 出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京燕华营印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

• • •

开本：787×1092 1/32 印张：17.25 字数：380千字

1990年8月第一版 1990年8月第一次印刷

印数：1—1500 定价：12.20元

ISBN 7-5029-0372-0/P·0210

序

本书系作者长期从事山地气候考察、研究的经验总结，其基础部分曾先后在本院、北京林业大学以及浙江、广东、青海、四川等省气象局讲授过。1985年应《气象》编辑部之约，曾以《山区农业气候和小气候考察方法讲座》形式，分10讲连载发表，曾引起各地读者，特别是气象台站同志的热烈反响。因此，可以说本书是在广大台站同志的鼓励下写成的。

本书原计划写八章，包括山区气候的形成规律、基本特征、山区气候要素的推算方法、短期考察资料的订正、延长方法以及山区气候考察、研究方法等方面。考虑到山区气候数值模拟在山地气候理论研究所占有的重要地位和为解决与此有关的应用问题上的作用，特邀请罗哲贤同志撰写了第九章山区气候数值模拟问题，介绍有关这方面的最基本的概念和方法。

作者希望本书具有如下特点：

1. 本书把山区气候当作山区各种空间尺度气候的整体来考虑，认为它是山区大、中、小尺度地形因素综合影响的结果，而山区任一具体地段气候的形成，都是在大地形气候背景下，中、小地形以及地面条件综合作用的产物。所以在书中力求从综合的观点来阐述山地气候问题。

2. 我国气象和其它部门在山地气候研究、利用方面做了大量工作，积累了丰富的资料，本书希望能更充分地反映出各地、特别是广大基层气象台站在山地气候工作方面所提

供的观测事实和研究成果。因此，本书应看作是作者与广大
台站同志的集体创作。

3. 本书在取材上力求以国内资料为主，凡是国内有的资
料尽量使用国内的。事实上书中已涉及全国各主要山系，在
某种意义上具有中国山地气候的性质，以期在解决我国山地
气候研究和应用上起到应有的作用。

4. 本书力求以尽可能充分的观测事实来阐述山区地形
气候的基本特点和规律性。在阐述上着重讲清物理实质，以
对不同专业读者都有所裨益。

由于作者水平很低，书中不妥和错漏之处恳请读者批评
指正。

翁笃鸣

一九八八年元旦于南京气象学院

目 录

引言	(1)
参考文献	(9)
第一章 山区日照条件的分布规律	(11)
第一节 测点海拔高度对日照的影响	(11)
第二节 坡向、坡度对日照条件的影响	(20)
第三节 平行山脊中的日照条件	(26)
第四节 山地实际日照条件的推算方法	(31)
参考文献	(36)
第二章 山区地面辐射平衡和热平衡状况	(38)
第一节 山区地面辐射平衡各分量随测点海拔高度 的分布	(38)
第二节 山区坡地上的辐射平衡状况	(80)
第三节 山区起伏地形中的辐射状况	(114)
第四节 山区地表热量平衡	(130)
参考文献	(138)
第三章 山区温度状况	(144)
第一节 山区温度特征随海拔高度分布	(144)
第二节 山区地形对温度分布的影响	(176)
第三节 山区温度的推算方法	(215)
第四节 山区热量条件的垂直分层及其农业利用	(237)
参考文献	(240)
第四章 山区湿润状况和云雾现象	(243)
第一节 山地水汽压随海拔高度变化	(243)
第二节 山地相对湿度随海拔高度变化	(259)

第三节	山区地形对湿度条件的影响	(272)
第四节	山地的蒸散、蒸发力和干燥度	(277)
第五节	山区云雾现象	(288)
	参考文献	(301)
第五章	山区降水状况	(303)
第一节	山区降水特征量随海拔高度变化	(303)
第二节	山区地形对降水分布的影响	(329)
第三节	山区降水量的日、年变化	(350)
第四节	山区的降雪和积雪状况	(363)
第五节	山区降水量推算方法	(370)
	参考文献	(383)
第六章	山区风状况	(385)
第一节	大地形对山区风状况的影响	(385)
第二节	山区中小地形对风的影响	(402)
第三节	山区的局地性风	(420)
第四节	山区的大风以及与风状况有关的应用气候 问题	(440)
	参考文献	(448)
第七章	山区气候考察资料的订正、延长方法	(451)
第一节	气温短期考察资料的订正、延长方法	(451)
第二节	风资料的超短序列订正方法	(463)
第三节	其它气象要素的超短序列订正问题	(467)
	参考文献	(477)
第八章	山区气候考察和分析方法	(479)
第一节	山区气候考察方法	(479)
第二节	山区气候分析方法	(489)
	参考文献	(499)
第九章	山区气候数值模拟问题	(500)

第一节	山区气候研究途径概述	(500)
第二节	山区气候数值模拟方法简介	(503)
第三节	山区气候数值模拟与气候学其它分支的发展	(538)
	参考文献	(541)

引 言

我国是个多山国家，山地面积（包括丘陵）约占全国总面积的三分之二，几乎每省都有广泛的山地分布。在山区，由于山川纵横，群峦起伏，形成多种多样的气候类型。山地气候的垂直分带也十分明显。这就构成了复杂的气候环境和丰富的气候资源。因此，研究山区地形气候，对了解、开发、利用山区气候资源，促进山区农、林、牧、副业全面发展，具有重大意义。

一、影响山区气候的主要因子

山区气候的形成，除地理纬度、离海洋距离远近、季节以及大气环流背景条件外，山区本身地形的影响十分明显，而且其影响程度也因地形因子尺度大小而异。

（一）大尺度地形因子的影响

所谓大尺度地形因子是指大的山脉、高原、盆地等地形类别。由于它们的巨大尺度（指总体拔海高度和水平延伸长度、走向等），不仅影响山区本身的气候，而且还对周围广大地区的气候产生重大影响，有的并成为著名的气候分界线（如天山、秦岭等）。这种大尺度地形因素的影响，往往就成了山区具体地点气候形成的背景条件。

（二）中、小尺度地形因子的影响

包括测点拔海高度、坡地的坡向、坡度、地形起伏程度和遮蔽度等的影响都属于这一点。随着测点拔海高度的增高，气象要素的分布将发生相应变化，并导致山区气候垂直地带性的形成；坡地方位、坡度对山区太阳辐射能的分布具有决

定性的作用，同时还对山区热状况、风状况、降水的再分配等产生重大影响；地形起伏的影响，最突出地表现在它对温度状况，特别是夜间低温、霜冻的形成上。此外，它对风状况、地面湿润状况的影响也较明显。地形遮蔽的影响则主要反映在各地段可照条件的差异上，其对风状况的形成也有较大作用。

（三）下垫面覆被物和周围小地形条件的影响

这包括土壤、植被（指森林、草被和各种农作物）、测点周围环境和人类活动（指建筑物、各项工程建设）的影响。一般说，这类影响比之前两类要小些，通常表现为叠加在各种地形影响之上的附加作用。它可使山区各类地形的原有气候差异加剧或削弱。例如，裸露坡地的小气候状况，就与森林覆盖坡地有很大不同，而选择有良好周围环境的山区地段（如在三面环山南面邻水的马蹄形地形中），常常防止某些喜温经济林木遭受低温、霜冻危害的最理想地段。

所以，我们在具体分析某一山区测点的地形气候时，所见到的都是上述三类因子的综合影响结果。大尺度地形因子主要提供大气候背景条件，而地面被覆只是叠加的因素，所以最重要的是中、小尺度地形因子的作用。由于这类因子的多样性，以及它们对各种气象要素影响的复杂程度，使得山区气候分析变得相当困难。因此如何在实际工作中区分主要影响因子，确定其影响方向、量级大小，以及各种尺度地形因子之间的相互关系就显得十分重要。

二、山区气候的基本特征

山区气候虽较复杂，但其基本特征一般可由如下几方面反映出来：

（一）山区气候在垂直方向上的变化性

这首先表现在热量条件的变化上。从气候上说，自由大气中的热量主要由地面通过湍流交换以感热和潜热方式输入，所以随离地面高度的增加，平均气温一般总是递减的。山区的温度状况，虽与山区地面的辐射加热直接有关，但在很大程度上仍受自由大气的制约，同样呈现出随海拔高度递减的总的规律性。自由大气中的水汽压分布特点，也同样地决定了山区地面的水汽压分布。山区风状况随海拔高度变化特征也与自由大气中的风状况有关。山区降水量的垂直分布特点则与地形对气流的动力抬升作用关系最大。所以，山区气象要素在垂直方向上的变化就决定了山区气候的垂直地带性，并进而影响植被、土壤等自然地理景观的垂直地带性，最终还在农、林作物的布局上反映出来。

（二）各种坡地气候的差异性

前已提及坡地方位、坡度的差异可直接影响到达坡地上的太阳辐射量。本书第一章将从理论和实测结果证实这种差异是何等的明显，以致在不同坡地上所观测到的辐射条件差异，实质上类似于从赤道到极地的差异，这对各坡地热状况的影响无疑是决定性的。当然，这种辐射差异之所以未能造成如赤道至两极的温差对比，那是与散射辐射以及长波辐射的较小差异、特别是与各坡地间的水平热量交换分不开的。

坡地对风状况的影响十分明显，迎风坡的风向风速明显地有别于背风坡。迎风坡的降雨量，一般多于背风坡，但降雪量，特别是积雪深度则反比后者少等等。

可见不同坡地上的气候条件差异是相当全面的，阳坡往往成为干坡，而阴坡则成为湿坡，这种水、热条件的差异可在干燥区和半干燥区山坡植被分布上表现出来。

（三）起伏地形的气候特点

起伏地形是由各种坡地（不同坡向）、山岗、谷地等地形单体所组成。日间，这种地形的气候特点是由各单体的辐射加热和湍流扩散条件所决定的。谷底的温度一般要高于山顶。夜间，因山顶冷空气沿山坡向谷底下沉，形成“冷潮”，并在谷底造成强烈降温 and 低温、霜冻危害。在谷地中夜间温度沿山坡递增，形成逆温层和暖带。这一部位对各种经济林木和果树安全越冬十分有利。

起伏地形中的土壤湿度状况，可因降水再分配以及径流和蒸发条件的差异而不同。一般谷底的土壤湿度最大，坡地上部是最干燥的地段。

（四）表示山区气象要素分布的概念模式

由于地形影响的复杂性，使得气象要素在山区的分布状况，除个别项目外，一般难于用精确的数学模型来描述。通常认为山区辐射，特别是坡地辐射的计算是比较精确的^[1,2]。有关山谷风的数学模型也日臻完善^[3]。而对其它气象要素，或广而言之对于山区所有气象要素，仿照文献[4]提出下列概念模式是有意义的，即

$$X = \bar{X} + \Delta X(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

$$X = \bar{X} \cdot F(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2)$$

式中 X 为山区任一测点的任一气象要素值； $\bar{X}$ 为大气候（包括大地形）背景下的平均值； $\Delta X(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 及 $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 表示中、小地形和下垫面被覆物影响的订正值或订正函数，其大小应与各因子 $x_1, x_2, \dots, x_n$ ，亦即山区地形的各种几何参数、植被、土壤等的作用有关。山区任一地点的气象要素值大小，总是由大气候背景和中、小气候订正值叠加而成。但是，在不同的山区测点，它们所起的作用是不同的，需作具体的有针对性的分析。在地形条件比较简单（拔

海高度较低、相对高差小、坡度不大、地表覆盖比较均一)的情况下, ΔX 比较小或 F 接近于 1, 大气背景值具有较大的代表性。在这些山区测点密度可适当稀些。反之, 在地形复杂地区, ΔX 可能较大或 F 偏离 1 较多, X 的空间变异性就很大, 需有较密的测点资料才能反映其气候特点。

三、山区气候研究中的若干基本问题

在山区气候研究方面, 吉野正敏^[5]、巴莱 (Roger G. Barry)^[6]、傅抱璞^[7]等都作过比较系统的论述。最近, 文献 [8、9] 还对国内外山地气候研究现状作了扼要介绍。这里着重讨论当前我国山地气候资源研究中的某些基本问题。

(一) 山区气候要素分布规律、特征的研究问题

我国在这方面的研究工作是做得比较多的。已完成的工作主要侧重于讨论太阳辐射、气温、降水等气象要素在山区的垂直分布规律; 山区不同方位 (坡度) 坡地对各种气象要素分布的影响, 首先是对辐射、温度、风等的影响问题; 以及起伏地形中的气象要素分布问题。其中以对山区气温垂直分布规律的研究做得最多, 资料也最丰富。所研究的山地包括全国最主要的山脉、高原和丘陵山地 (如青藏高原、天山、秦岭、长白山、太行山、横断山脉、闽浙丘陵山地等)。

山区气候的规律性研究, 仍然是当前山地气候资源研究、开发、利用中的基础性工作, 是第一位的任务, 需要在原有的基础上进一步充实、提高。首先需充实当前山地气候特征研究中的薄弱环节, 如加强对中、小地形对气候要素分布影响的研究; 加强对某些变性较大而又有重要实用价值的要素 (如降水) 在山区分布规律的研究; 以及山区气候形成理论的研究等。

(二) 山区气候要素的推算和订正方法问题

这是当前山地气候研究中的另一重要问题，是从实际工作中提出来的。因为单纯依靠山区少数气象站点（包括水文站）资料来研究山地气候是远远不够的，而野外气候考察只能短期进行，气象哨点的数量也不能满足要求，所以为了解山区有限区域的气候特征，除适当增加山区气象测点外，必须研究各种气候要素的推算方法和资料订正方法。在我国已完成了某些研究，提出了一些有一定精度而且方便、实用的方法，如傅抱璞提出的温度推算方法^[10]，我们提出的温度推估方法、山区实际太阳辐射量计算方法、根据平均气温推算各项农业指标温度的方法^[11]，以及其它的方法^[12-15]等。另外，我们还提出气温和风资料的超短序列订正方法^[16, 17, 1]。这些方法对初步估算无资料山区的气候资源有一定效果，其中有的已在实际工作中应用。

虽然如此，已完成的工作对解决山区气候要素的推估和短期考察资料的订正、延长问题还是很不够的。首先，在推算方法上，在气温推算中亟需解决中、小地形和地面覆被条件影响的定量估计问题。对于山区降水和风状况的估算问题，存在的困难较大，至今还停留在个别山区降水的垂直分布规律的分析上，即使是这个问题也了解得很不充分。人们对山区风状况的了解也是不够的。至于其它要素的推算，或者由于实用意义不及辐射、温度、降水和风等要素重要，或者由于资料更少而研究不多。降水的超短序列订正问题仍然是当前的难题。预计其它气象要素的超短序列订正问题要好解决些。

（三）山区气候的考察方法和分析、研究方法问题

1) 屠其璞、翁笃鸣等，关于短期风资料的订正、延长问题，气象科技资料，天气气候附刊，63—73（1978）。

研究山区气候的方法大体上可分野外考察、模型实验、数值试验和卫星遥感等四种。由于山区地形条件极其复杂，使得后三种方法的使用受到较大限制。所以，野外考察仍然是当前研究山地气候的主要手段。五十年代以来，我国在这方面已做了不少工作，规模较大的有黄土高原小气候考察、长江三峡小气候考察、武夷山南北坡剖面观测、红河河谷小气候考察、青藏高原气象科学实验地面热源考察等，至于由各省气象部门和其它部门组织的山区考察就更多，几乎遍及全国各较大山系。通过这些考察取得了大量关于山区气候的宝贵资料，为全面分析山区气候背景、开发山区气候资源提供良好基础。

但是山区考察是比较复杂的，考察工作组织得好坏，直接影响所取考察资料的质量（包括可靠性、代表性、典型性），最终影响山地气候分析结果的可信性。事实上在这方面的经验教训是不少的。因此，如何从山地气候基本理论出发，总结已有组织山地气候野外考察的经验，编写有关技术资料就很必要。此外，如何开发推广、引进新的仪器、设备，更新野外气象考察手段，实现野外观测自动化、遥测化、小型化，也是提高野外考察质量的重要途径。

运用正确的分析、研究方法，是揭示山区气候基本规律和山区气候资源应用的关键。关于这一点成文的经验是没有的，不同作者的分析方法、侧重点、特长以致笔法、习惯都不一样。但同时又有一定的共性。如分析工作的目的性；主要议题的确定；主要特点和主要影响因素的揭示；有针对性的理论分析和归纳；图、表、公式的恰当使用和简洁的文字阐述等等。事实上本书的结构和阐述方式，反映了笔者对这一问题的认识，这本身也是一种交流方式。

(四) 山区气候资源的合理开发、利用问题

这是研究山区气候的最主要目的之一。它涉及几乎遍及山区国民经济建设的各个部门，如大农业、能源、水利、环保、工矿、交通等。其中首要的是山区包括农、林、牧、副业的大农业的发展。由于这方面内容在有关山区农业气候资源开发、利用的研究材料中介绍较多，且已成为独立的内容，本书将较少涉及。

四、研究山区地形气候的意义

研究山区气候有着重要的实际意义和理论意义。首先山区气候条件的垂直地带性和多样性，对发展山区立体农业和多种经营提供了条件。无论是粮食作物、经济林木、牧草、名贵中药材以及林木附生产品（昆虫、真菌等）等，都有其适生条件，如能正确了解山区立体气候特点，合理布置生产，显然是十分重要的。其次，即使在相同的拔海高度下，在山的阳坡和阴坡；在迎风坡和背风坡；在开旷的高地和沟谷地，由于地形气候条件不同，其对大农业生产的影响也不相同。因此在山区的这些地段，农、林作物的分布也多种多样。如我国华南地区属亚热带气候，一般不能生长热带作物，但在向阳背风的山坡上，却能成功地种植橡胶和咖啡等热带作物。再如苏南宜溧丘陵山区发展柑桔生产，也是与选择山区阳坡有利的越冬条件分不开的。

研究山区气候对开发山区气候能源有直接的意义。高山和高原上的太阳能资源比较丰富，山区某些地段（如山顶）的风能资源也远比平原多，如能充分利用会对解决山区能源问题发挥作用。山区的水力资源也较丰富，这是人们早已共知的事实。

此外，在山区建设厂矿企业，急需了解山区边界层的扩

散条件, 输电和通讯线路的建设, 需了解山区大风和雨、雾、雹的危害情况。发展山区公路交通运输, 需了解山区降水状况, 特别是暴雨和冬季大雪情况等等。所有这些问题的解决都需要有关山区气候的可靠资料和必要的理论知识。

从理论上说, 研究山区气候的形成及其特点是整个气候学研究的重要组成部分。不同尺度的山地对气候的影响也不一样, 青藏高原可影响东亚甚至整个北半球的大气环流; 高大的山脉冬季对冷空气的滞留作用以及暖季对暖湿气流的强迫抬升作用, 造成山脉两侧气候条件的鲜明对比; 即使是中、小尺度地形, 也可产生局地性的影响。此外, 从理论上研究山区的辐射、温度、降水和风的分布特点, 对提高山区天气预报准确率以及对气候数值模拟也十分重要。

可以相信, 随着我国四化建设事业的不断发展, 合理开发、利用山区气候资源的重要性将日趋明显。因此, 山区地形气候作为气候学的一个分支学科, 将吸引更多的气候、农业气象以及其它专业工作者的兴趣, 并将不断地得到发展。

参 考 文 献

- [1] К.Я., Кондратьев, Актинометрия, Л. Гидрометеониздат., (1965) .
- [2] 傅抱璞, 起伏地形中辐射平衡各分量的计算, 气象学报, 34 (1), 62—73 (1964) .
- [3] 傅抱璞, 山谷风, 气象科学, 1, 2, 1—14 (1980) .
- [4] 翁笃鸣等, 小气候和农田小气候, 农业出版社, (1981) .
- [5] M.M.Yoshino Climate in a Small Area. University of Tokyo Press (1977) .
- [6] Roger G. Barry, Mountain Weather and Climate, Methuen, London and New York (1981) .
- [7] 傅抱璞, 山地气候, 科学出版社, (1983) .