

山地气候文集

山地气候文集编委会 编

气象出版社

山地气候文集

山地气候文集编委会 编

气象出版社

内 容 简 介

本文集选编了全国山地气候学术会议的学术论文共 37 篇。内容主要是山地气候的观测研究方法及山地气候资料的延长和推算方法；山地气候的特征和分布；山地气候资源的开发利用等方面。

本文集对从事气候、农业气象、森林气象、土壤、自然地理、环境科学等方面的科技工作者以及山区气象站、农业工作人员等，都有一定的参考价值。

山 地 气 候 文 集

山地气候文集编委会编

责任编辑：曾令慧

气 象 出 版 社 出 版

(北京西郊白石桥路46号)

北下关印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

* * *

开本：787×1092 1/16 印张：12.75 字数：313千字

1984年12月第一版 1984年12月第一次印刷

印数：1—5,500 统一书号：13194·0165

定价：2.75元

前 言

我国幅员广大，山地面积占全国总面积的三分之二，合理开发利用山区气候资源，对社会主义建设具有重大意义。解放后，特别是近年来，为了提高农、林业生产，发展多种经营，我国在山地气候资源调查、研究和开发利用方面做了不少工作，取得了可喜的成绩。但是在观测方法和资料处理分析方面还存在着不少需要解决的问题。为了对全国山地气候研究工作进行经验总结和学术交流，更进一步探求解决上述问题的方法，在中国气象学会的主持下，由江苏省气象学会、南京大学气象系、南京气象学院和江苏省气象局等单位负责，于1981年10月25—30日在南京召开了我国第一次“全国山地气候学术会议”。大会共收到论文121篇，本文集从中选取了37篇，按其性质分成四个部份，并将内容相近的文章依次排在一起汇编而成。

第一部分是山地气候研究概况，主要介绍国内外山地气候研究的一般情况及我国在山地气候研究中存在的一些问题和今后应该注意的地方，同时也谈了一些山地气候观测方法和选点、布点的原则性问题，对开展我国山地气候的观测、研究具有一定参考价值和指导意义。

第二部分是山地气候的研究方法，除介绍国外进行山地气候观测的现代技术外，主要是论述我国在山地气候研究中使用的各种方法，即推算的方法、物候学方法和应用陆地卫星照片研究方法。这些方法各有长处和适用性，可以相辅而行，对研究山地气候有一定作用和可取之处，其中有些方法不仅具有我国自己的特色和独创性，而且已在实践中广泛应用，证明效果良好。

第三部分是山地气候特征，主要是根据我国各地实际布点观测和野外考察资料，分析和揭露不同山地和不同地形条件下近地面气候特点和变化规律，其中尤以对地形与温度、降水和风的关系研究较多。此外，还对行星边界层的气象扩散条件以及我国西北高山地区的积雪和吹雪等问题也作了一些研究和介绍。所有这些研究，对了解我国山区气候特点和变化规律，合理开发利用山区气候资源很有实际意义和参考价值。

第四部分是山地农业气候资源的评价与利用，主要是结合农、林生产分析了山地地形和海拔高度对气候的影响，山区各种地形环境的气候特点及其与农、林、牧的关系，讨论如何评价山区农业气候资源及因地制宜发展山区农业多种经营问题。有的指出在评价山区农业气候资源时应从生态观点出发，结合农用土地资源类型及农业环境进行，提出研究山区农业气候资源应从开发、利用和治理三方面综合考虑；有的采用垂直分层与环境类型相结合表达山区农业气候资源；有的结合开发利用分析我国山地农业气候资源分布规律；有的专门讨论利用山地气候特点选择柑桔、橡胶等经济林种植适宜区。这些研究和探讨对合理开发利用我国山地农业气候资源具有重大意义。

本文集主编傅抱璞；副主编陈遵肅、翁笃鸣；编委有王式中、卢其尧、丘宝剑、江广恒、江爱良、汤懋苍、李一甦、李怀瑾、林之光、郑步忠、潘守文(按姓氏笔划排列)等十位同志。编辑：卢其尧、潘守文；秘书：虞静明。石宗祥、金仪璐两同志清绘了部分插图，在此表示感谢。

山地气候文集编委会

1982年12月

目 录

前言

I、山地气候研究概况

- 略论我国山地气候研究工作的进展……………潘守文 (1)
- 国外山地气候研究近况……………虞静明、李怀瑾 (8)
- ✓ 山地气候研究的若干问题……………傅抱璞 (15)

II、山地气候研究方法

- 关于山地气候资料的推算问题……………傅抱璞 (23)
- 浅论分离综合法推算无资料区的热量状况……………倪国裕、周立炎 (35)
- 坡地暖带和无测站山地气温估算方法的初步探讨……………施其仁、赖洪年、陈波涔 (40)
- 太行山热量及霜冻初终期推算方法……………程树林 (42)
- 极端最低气温的二种推算法……………蔡文华、吴玉雪 (45)
- 横断山地区垂直气候带划分标准和气候要素值获取方法的初步探讨……………文传甲 (46)
- 应用陆地卫星象片开发山区气候资源——目视解译太原
幅气候区……………钱林清、李国华、潘茂兰 (49)
- 在山区气候调查中物候指标的应用……………张福春 (55)
- 山地气象的几种探测方法……………金一谔 (63)

III、山地气候特征

- 影响我国山区气温直减率及其年变化的主要因子的研究……………林之光 (69) ✓
- 莱芜山区边界层扩散气象条件初探……………顾庭敏 (77)
- 秦岭山地的气候特点……………李兆元、傅抱璞 (87)
- 秦岭山脉与陕西降水……………王明华、杜继稳 (97)
- 祁连山区的风系……………汤懋苍、许曼春 (102)
- 一个山系的风的分布规律及风能探讨……………张培坤 (106) ✓
- 中国天山的积雪……………胡汝骥、李江凤 (110)
- 山区风吹雪的产生、运动及其沉积……………魏宗福 (114)
- 吉东山地气候初步分析……………吉林省气象台 (116)
- 长白山温泉谷地夏季小气候特征……………李栖筠 (119)
- 元江河谷的小气候特征……………毛政旦 (123) ✓
- 滇南山地地面逆温……………王利溥 (126)
- 西双版纳地区日照时数的垂直分布……………王 宇 (128)
- 伏牛山南坡一般气候特征分析……………徐星华、武 全 (130)

IV、山地农业气候资源的评价与利用

- 南方山地气候和热带作物、亚热带作物的种植问题……………江爱良 (134)
- 福建省山区农业气候资源及其合理利用的初步探讨……………陈遵鼎、李 文、陈 仲 (143)
- 长江中、下游地区山地垂直农业气候温度带的划分……………卢其尧 (150)

山区垂直农业气候区划——农业气候层和环境类型.....	李文	(158)
阴山中部山地气候考察及其分析.....	郭正德、王春仙	(168)
本溪县山地热量垂直分布与多种经营的合理布局.....	毕伯钧	(172)
九嶷山垂直农业气候特征.....	关寅生	(175)
川东伏旱区立体农业气候分析——江津、綦江剖面分析	申学勤、胡文质、刘富明	(182)
华北地区山坡小气候与造林成活率.....	袁嘉祖	(184)
宜溧山地冬季温度条件及其在柑桔栽培中的利用.....	宜溧山地林业气候研究组	(186)
新安江水库及其下游部分桔园的小气候考察——山体、水域小气候 效应的探讨.....	王桂正、林木泉、戴惠民、谭德昌	(191)

I、山地气候研究概况

略论我国山地气候研究工作的进展

潘 守 文

(南京大学气象系)

一、前 言

我国是一个多山之国，山地面积约占全国总面积的三分之二。不同地形地势条件下复杂多变的气候差异，对工农业生产、交通运输和国防建设等部门都有影响。实践证明，考虑或者忽视这种影响，将会给建设事业带来有利或不利的后果。因此山地气候资源的开发与利用，山区建设中的气候效应和环境质量评价等问题，都需要广泛而深入地认识山地气候的特殊规律性。

从本世纪三十年代开始，我国老一辈气象学家在开创和发展气象事业的同时，也为山地气候的研究付出了巨大的劳动，他们所发表的有关山地气候方面的文章，现已成为我国山地气候研究中的一份宝贵的文献^[1-15]。

建国以来，我国的气候工作者在山地气候研究中取得了可喜的成绩，积累了比较丰富的经验。《山区气候调查与分析方法汇编》¹⁾一书曾对山地气候的研究内容和研究方法作了介绍。林之光²⁾和傅抱璞³⁾分别对我国山地气候研究中存在的问题作出了切合实际的分析。本文拟在此基础上，试就我国山地气候研究工作的进展作一概略的介绍，并对今后的工作提出一些粗浅的看法。

二、我国山地气候研究的进展

解放后，我国山地气候的研究工作是为着配合国家经济建设的需要而逐步开展起来的。吕炯^[16]根据1954年5月到1956年1月张北苜蓿的冻害和华南热带作物的霜冻的调查，总结出了地形与霜冻的关系。1956年夏，为配合中国科学院西北黄土高原水土保持综合考察，在么枕生的带领下由南京大学气象系与前华北农业科学研究所气象组合作，对西北地区黄土高原不同地形、植被和各种水土保持措施的小气候效应进行了野外考察，著有《西北黄土高原的小气候》^[17]一书。这是我国解放后出版的第一部有关山地气候野外考察方面的著作。

1958年，中央气象局、长江流域规划办公室和南京大学气象系协作，对长江三峡水库区进行了山地气候考察，写了“三峡水库建成后对周围地区气候的影响”一文，为三峡水库的

1) 中央气象局气象科学研究所编，1977年。

2) 林之光，我国山区气候研究情况及其存在问题，全国气候学术会议文件，1980年。

3) 傅抱璞，我国山地气候研究中存在的若干问题，见本文集。

设计和选址提供了气象科学依据,并在此基础上发表了有关三峡地区的辐射、温度和风状况等论文^[18-21]。

1957—1958年冬,南京大学气象系对南京方山专门进行了地形小气候观测,特别是对坡地小气候的特点和变化规律作了深入研究^[22-23]。

1958—1960年,为摸清我国山区气候的一般规律,中央气象局委托福建、江西两省气象局在我国东南最高的武夷山脉主峰黄岗地区建立南北两个剖面,进行了1—2年的系统的山地气象观测¹⁾。1960年由云南科学院组织南京大学地学几个系对滇南山区进行了综合考察,其中包括一般的大气候调查研究和小气候布点观测,为在该地区发展某些热带作物提供了气候方面的依据。

1962年,中国科学院冰川冻土研究所、新疆科学院和南京大学气象系合作,在天山乌鲁木齐河源一号冰川进行了冰川消融期的热量平衡、辐射平衡和冰川小气候考察,同时沿高山河谷进行了垂直剖面观测^[24-26]。此外,新疆气象局和其它科研部门还对天山山脉的气候、冰川、水文、降水、雪被和雪障、雪崩等进行了研究^{2), 3)}。

秦岭山脉是我国一条重要的气候分界线,对它的气候特征及其资源的开发利用问题早为人们所关注。在60年代,朱瑞兆⁴⁾、王荣华⁵⁾、陈明荣^[27]等已对秦岭山地的气温、降水和农业气候资源作过研究。1979年夏,陕西省气象局和南京大学气象系合作对秦岭主峰太白山进行了野外考察,分析了夏季秦岭太白山区山地气候的特征及其垂直差异,研究了秦岭山地对秦岭南北气候条件的影响,为进一步开发秦岭山地的气候资源和秦岭山地资源的综合利用提供了科学依据^[28]。

青藏高原约占全国面积的六分之一,平均海拔高度约在4000米以上,它的存在不仅对我国的天气气候有重大影响,而且对整个亚洲乃至北半球的大气环流都有影响。早在50年代杨鑑初、叶笃正等就对它进行了研究^[29]。该地区山峦重叠、地广人稀、空气稀薄、交通不便,在相当长一段时间内给实地考察带来许多臆想不到的困难。为了给攀登珠穆朗玛峰提供气象保障,从60年代开始就组成了气象科学考察队进行气象考察,继而由中国科学院大气物理研究所、兰州高原大气物理研究所和综合考察队等单位组成的考察队,多次深入山区进行考察,高登义、沈志宝等为此做了不少工作,发表了有关论文和专著^[30-32]。1972年以来,为了对青藏高原进行全面深入的研究,在中央气象局组织领导下,由一些省、自治区的气象部门和科研单位、高等院校组成“青藏高原气象科学研究协作组”,从天气系统和天气预报、气候形成、模拟试验和数值预报等方面对青藏高原的动力作用和热力作用进行了研究,并写了《青藏高原气象学》^[33]一书。1978年,在中国科学院和中央气象局领导下,组成了“青藏高原气象科学实验”领导小组,对青藏高原开展了大规模的深入研究。1979年5月至8月,中国科学院兰州高原大气物理研究所组织南京大学气象系、南京气象学院、中国科学院地理研究所和西北大学地理系等单位,构成了第一课题组(即热源组),在青藏高原的拉萨、那曲、林芝、格尔木、双湖、狮泉河进行了野外考察,取得了大量的宝贵资料和重大的研究成果^[34, 35]。

1) 林之光、彭开秀、安顺清等,武夷山主峰地区降水气候特征,气象科技,1982年。

2) 中国科学院新疆分院编,新疆冰川积雪研究(论文集),新疆维吾尔自治区科学技术委员会出版,1964年。

3) 新疆雪害考查防治工作队编,山区公路雪害防治研究(1967—1974),新疆维吾尔自治区科学技术委员会出版,1974年。

4) 朱瑞兆:“秦岭山地的垂直气温特征”,气象通讯,1963年。

5) 王荣华:“秦岭山地降水的垂直分布”,气象通讯,1963年。

1975—1977年，由于修建青藏铁路的需要，中央气象局、青海省气象局和南京气象学院等单位组成考察队赴昆仑山和唐古拉山进行考察，并发表了有关论文^{[36, 37]1)-3)}。此外许多省、自治区气象部门从当地的生产需要出发，也相继开展了山地气候的野外考察和研究工作。通过对六盘山、太行山、阴山、燕山、长白山、峨嵋山、伏牛山、贡嘎山、九嶷山、武夷山、井冈山、南岭山脉和秦岭山脉，以及湖南、福建、广西、云南、贵州等地区的山系进行山地气候的考察和探讨，得出了有关省、自治区境内山地气候的一般特征，和山地地形与海拔高度对各个气象要素的影响，写出了不少具有较大实用价值的论文和报告^[38-41]，为因地制宜、合理开发山区和促进多种经营提供了科学依据。在上述工作中，对山区逆温层、山区降水随高度的变化、山地不同坡向无霜期的长短、小盆地和马蹄形地形对温度分布的影响以及太阳总辐射和长波辐射随海拔高度的变化特征等的研究，在生产实践中都具有重要的作用⁴⁾。现以逆温层为例，冬季在山区常出现逆温，其厚度在100—600米之间，逆温层顶的高度变动为100—2000米，最大强度为1°C/100米，有时也可高达6°C/100米。在云南省山区，冬季不仅晴天有逆温层出现，有时在曇阴天气也会出现逆温，其它山区也有类似现象。因此在山区垂直气候带的划分上就出现一个所谓的暖带问题。冬季山区暖带的存在，对山区的综合开发和生产布局来说，无疑是很有现实意义的。同样，在山区降水的研究中还发现，干旱地区最大降水高度，一般是在2—4千米之间；迎风坡的降水量多于背风坡，如秦岭因对东南季风的阻挡作用致使南坡降水比北坡多400毫米左右。关于山区气温随高度的变化问题，国家气象局气象科学研究所林之光提出，我国山地气温递减率具有冬小夏大、冬大夏小和全年少变三种类型，且气候越干燥递减率越大⁵⁾。此外，他对我国的地形性夜雨及地形对各气候要素的影响也作过研究^[42, 43]。

关于我国山区工业基地的污染防治和环境评价问题，是山地气候研究的又一个重要领域。60年代以来，不少山区新建和扩建了现代化的工业生产基地。毋庸讳言，有些基地因没有或甚少考虑山地气候的特点及其可能的改变，结果出现了严重的污染现象。中央气象局、大气物理研究所、兰州高原大气物理研究所、中国科学院地理研究所、北京大学以及有关省（区）气象局等单位，针对上述问题，先后对石油化工部204和6501工程区、河南红旗炼油厂、东方红电厂以及北京石景山地区的有害气体扩散的气象条件、大气污染背景和扩散规律进行了研究^[44-46]；1976—1977年，陕西省热工研究所、西北电力设计院会同全国数十个单位对地处秦岭山区的略阳电厂所在山谷的严重污染进行了研究；1980—1981年，南京大学等单位对四川省渡口工业区大气污染和环境评价进行了研究；1981年，山东省气象局对莱芜电厂周围地区的风场和温度场以及行星边界层扩散的气象条件进行了研究，等等。

实践证明，山区工业基地的布局和设计，如能更多地考虑山地气候的基本特点，就可以达到趋利避害、防患于未然的目的。在我国山区工业基地的建设中，成功的例子固然很多，但失败的例子也不算少，陕西省略阳电厂严重的环境污染就是其中一个突出的例子^{6), 7)}。略阳电厂地处陕西秦岭山区，四周环山，目前装机容量10万千瓦，自1971年投产以来，造成严

1) 青藏高原气象论文集(1975—1976)，青藏高原气象科研协作领导小组出版，1977年。

2) 南京气象学院、青海省气象局：昆仑山口辐射状况考察报告，载于“青藏高原气象论文集(1975—1976)”。

3) 南京气象学院、青海省气象局：昆仑山口地区热状况考察报告，载于“青藏高原气象论文集(1975—1976)”。

4) 请参见本文集各有关论文。

5) 林之光：“影响我国山区气温直减率主要因子的研究”，见本文集。

6) 略阳电厂大气污染调查协作组，“略阳电厂大气污染调查报告”，1976年4月。

7) 略阳发电厂等，“略阳电厂第二次大气污染调查报告”，1977年9月。

重的大气污染，粉煤灰遍地，周围农作物减产，果树不结果，吃了灰草的耕牛日渐消瘦无力，死亡率较高，居民健康受到严重的危害。这是由于在略阳电厂的设计和选址时，没有考虑山区气候的基本规律，招致了严重的环境污染。问题发生后虽然采取了各种补救措施，但毕竟不是一种治本的办法。事实表明，山区工业基地的建设，需要利用已知的山地气候的特殊规律性，对山区大气环境质量作出预评，非此不足以减轻乃至避免工程建成后因环境污染所造成的重大损失。

我国华南橡胶宜林地带山地气候的研究是为国民经济建设服务的又一个重要方面，并取得了可喜的成就。中国科学院地理研究所江爱良等对我国南方不同地形条件橡胶树冻害与地形小气候的关系，以及防止橡胶树受冻害的措施进行了长时期的工作，对我国植胶事业的发展作出了一定的贡献^[47,48]。

关于山地农业气候资源及其开发利用的问题，除前述 50—60 年代进行的华南地形小气候与橡胶宜林地选择的调查研究工作外，70 年代以来各地气象与农业部门结合县级农业气候区划工作，普遍开展了山地农业气候调查，分析了山地农业气候特征与农业生产的关系，南方各省对山区气候与水稻、柑桔等种植的关系进行了分析研究，并取得了不少成绩。最近南方各省气象部门又组织协作，对亚热带丘陵山区农业气候资源及其利用问题进行研究，为当地丘陵山区建设服务。

近年来，为开发西南山区，促进少数民族地区的经济繁荣，中国科学院自然资源综合考察委员会、成都地理研究所等数十个单位正在进行的横断山脉的综合考察；福建、陕西以及其它一些多山的省（区）正在进行的山地气候考察也都是我国山地气候研究的重要组成部分。

应当指出，在我国进行山地气候研究时必然会遇到气象资料不足和许多需要解决的理论问题。解放后气象台站网的设立虽然与日俱增，但仍然不能满足需要，这就给研究工作带来一定的困难。如何利用邻近有台站地区的资料来延长和推算无测站山区的气象资料，既是生产实践的需要，也是山地气候研究中迫切需要解决的理论问题。近年来不少同志相继提出各种估计、推算无测站山区气候资料的方法，有的经过反复验证，得到推广应用。这些方法有：考虑纬度、海拔高度和地形的影响推算山区的平均气温、极端最低气温和降水；根据相关法推算山区各种农业界限温度出现日期；利用期差法推算霜冻初终期；根据地球资源卫星图片研究山区气候资源；用物候法对山区的气候要素进行推算等。翁笃鸣等^{[94]1)-3)}还提出按天气过程和天气型考虑地形、冷空气迳流和沉积的影响计算山区的温度，并用统计理论得出与苏联按天气型加权平均订正观测温度方法相似的条件概率法，用以订正气温和风。傅抱璞对山地日照时间和辐射平衡各分量的计算^[50-52]、山区气候资料的推算^[53]、山谷风的变化模式^[54]和山地气候特征^[21-23,28]等方面做了一系列研究，并著有《山地气候》^[55]一书，系统地揭露和分析了山地气候变化的特点和规律，提出了一套计算或推算山地各种气候要素的方法。在“关于山区气候资料的推算问题”⁴⁾中，他提出用分离综合法、动力相似法和变换界限法推算无测站山区的气候资料的方法，不仅给出在山地地形条件下温度和风要素的序列延长方法，而且可以用来推算无测站地区山地地形条件下的温度、降水、平均风速、最大风速

1) 翁笃鸣等：大寨大队沟、梁、坡地的小气候分析，南京气象学院学报，(1)，1978年。

2) 屠其璞等：气候资料超短期序列订正方法(上)，南京气象学院学报，1978年。

3) 屠其璞等：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，1978年。

4) 见本文集。

及其相应的风向以及各种界限温度出现日期和各种风向和界限风速出现的频率。按上述方法，由南京大学气象系与江西省气象局合作，对井冈山和武夷山的气象资料进行推算，结果良好，并在全省进行了推广应用¹⁾。湖北省在制作县级农业气候区划时应用分离综合法推算无资料地区的温度时，得出计算误差不大于 0.2°C ，并证明该方法优于其它方法，也已在省推广。河北省太行山区用此法推算气温和 $>10^{\circ}\text{C}$ 积温时，效果也较好。浙江省气象局用此法推算山区的月平均气温时，结果也令人满意，计算误差在 $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 范围内的机率达100%，计算误差在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 范围内的机率为80%以上²⁾。实践证明，分离综合法同在日本用以推算山区日平均最高、最低气温的综合因子法相比，具有物理意义明确、精度较高、简便易行、效果较好等特点，故在生产实践中得到推广应用。需要指出，用分离综合法推算月平均气温比用以计算日平均气温的精度要高些。

此外，在山地气候理论研究方面，气象科学工作者长期以来就很注意青藏高原对我国天气、气候以至东亚大气环流的影响。叶笃正等^[56, 57]研究了小地形对气流和背风坡降水的影响，郭晓岚等^[58]研究了青藏高原对天气气候日变化的影响，这对推动我国山地气候的研究工作起到了积极作用。

三、山地气候研究的展望

综上所述，我国山地气候的研究是气象部门结合我国多山的特点和生产实际的需要而进行的一项具有很大实用价值的工作，成绩是令人鼓舞的。但是应当看到，我们目前的一些研究方法和探测手段同世界上技术先进的国家比较起来，差距还是很大的。例如我国在山地气候考察中所使用的仪器和技术装备，基本上还处于50—60年代的水平，具有现代先进水平的技术手段还未能在实际工作中广为采用，此外山地气候的理论研究工作也显得较为薄弱。因此今后我国的山地气候研究工作还有许多任务等待着我们去努力完成。

首先，关于山地气候的研究方法、形成理论及其在生产中的应用，需要加以认真的研究。目前野外考察仍然是普遍采用的一种主要手段，在选点时应当如何考虑测点的代表性、相似性和资料的可比性，似应引起特别重视。一般说来，为了某种目的而进行的野外考察，在于揭示山地气候的内在规律性及其与环境的相互影响和相互制约作用，并用以指导实践，更好地为实践服务。为此应当对山地气候的某些理论问题，要从近地层大气物理学、流体力学和动力气候学等方面出发，开展深入细致的研究。

其次，加强研究和运用适合于山地气候野外考察所需要的仪器、设备，并采用现代化的探测手段，如地球资源卫星、气象雷达、声雷达、遥测遥感仪器、模拟试验、数值计算方法，进行山地气候资源的研究和开发利用。近年来已有不少科研部门和高等院校进行了探索，但是就全国范围来说，基础还比较薄弱，起步较迟。因此有必要组织专门的力量并下功夫进行研究，以便尽快地改变我国山地气候探测手段与四化建设不相适应的状态。

第三，加强山地气候研究的组织工作和技术协作，注意发挥业务部门、科研部门和高等院校的联合优势，综合运用在我国行之有效的各种研究方法，统一规划，有步骤有计划地开展全国范围内的山地气候研究工作，摸清基本规律，更好地为四个现代化服务。

第四，在今后山地气候研究方面还必须注意：气象站资料的分析应与调查、考察、定点

1) 南京大学气象系、江西省气象局资料室，“江西井冈山山区地形对温度的影响”，1977年10月。

2) 郭力民，推算无测站地方的气温分布情况的两种方法的评鉴，浙江气象科技(3)，1961年。

观测相结合;气象资料应与物候资料相结合;结合地貌类型进行农业气候资源的分析与评价;兼顾普及与提高,努力推动山地气候工作的进一步开展。

参 考 文 献

- [1] 徐近之,拉萨今年之气候,气象杂志,11,(1935)。
- [2] 涂长望,峨嵋山之雨量,气象杂志,12,(1936)。
- [3] 徐近之,拉萨旱涝说,气象杂志,13,(1937)。
- [4] 卢鋈,拉萨之气候,地理学报,5,(1938)。
- [5] 朱炳海,康南地理气象考察报告,地理学报,7,(1940)。
- [6] Hsii,G. T. (徐近之), A Note on the Climate Conditions of China. *Bull. Ams.*, 22, (1941)。
- [7] 卢鋈,川康边区的雨量,气象学报,16,(1942)。
- [8] 吕炯,巴山夜雨,气象学报,16,(1942)。
- [9] 严德一,横断山脉中之气候蠡测,气象学报,16,(1942)。
- [10] 程纯枢,沿西藏高原东部地方气压年变化调和分折首二项之比较,气象学报,16,(1942)。
- [11] 王华文,峨嵋山之气候,气象学报,16,(1942)。
- [12] 吕炯,西藏高原及其四周之雨量,地理, (1942)。
- [13] 程纯枢,黄土高原及内西北之气候,地理学报,10,(1943)。
- [14] 吕炯,西藏高原上各地气压之年变化,气象学报,17,(1943)。
- [15] 吕炯,西藏高原及其四周雨量分布,地球物理学报,1,(1949)。
- [16] 吕炯,地形与霜冻,地理学报,22(2),(1956)。
- [17] 么枕生等,西北黄土高原的小气候,科学出版社,(1959)。
- [18] 潘守文,长江中上游地区的辐射气候特征,气象学报,32(3),(1962)。
- [19] 潘守文,长江中上游地区的辐射平衡和大气透明度特性,南京大学学报(自然科学版),(2),(1962)年。
- [20] 陆渝蓉,长江中上游地区的温度状况,南京大学学报(自然科学版),(2),(1962)。
- [21] 傅抱璞,河谷内的风速,气象学报,32(4),(1963)。
- [22] 傅抱璞,坡地方位对小气候的影响,气象学报,32(1),(1962)。
- [23] 傅抱璞,起伏地形中的小气候特点,地理学报,29(3),(1963)。
- [24] 刘光远、曾祥银,天山乌鲁木齐河源一号冰川消融期辐射平衡的某些特征,天山乌鲁木齐河冰川与水文研究(论文集),科学出版社,(1965)。
- [25] 白重瑛、谢维荣,天山乌鲁木齐河源一号冰川消融期开阔冰面上的热量平衡,天山乌鲁木齐河冰川与水文研究(论文集),科学出版社,(1965)。
- [26] 谢维荣、曹盛梅,天山乌鲁木齐河源一号冰川雪面蒸发测量的结果,天山乌鲁木齐河冰川与水文研究(论文集),科学出版社,(1965)。
- [27] 陈明荣,陕西秦岭地区农业气候的初步分析,地理学报,30(4),(1964)。
- [28] 傅抱璞等,秦岭太白山夏季的小气候特点,地理学报,37(1),(1982)。
- [29] 杨鑑初等,西藏高原气象学,科学出版社,(1960)。
- [30] 珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966—1968)——气象与太阳辐射,科学出版社,(1975)。
- [31] 珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966—1968)——现代冰川与地貌,科学出版社,(1975)。
- [32] 珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1975)——气象与环境,科学出版社,(1980)。
- [33] 叶笃正、高由禧等:青藏高原气象学,科学出版社,(1979)。
- [34] 青藏高原气象科学实验文集,第一辑,科学出版社,(1981)。
- [35] 青藏高原气象科学实验文集,第二辑,科学出版社(即将出版)。
- [36] 陆龙骅、戴家洗,唐古拉地区的总辐射和净辐射,科学通报,(9),(1979)。
- [37] 陆龙骅、戴家洗:唐古拉地区的热状况,科学通报,(9),(1980)。
- [38] 袁育枝,河北山地降水的垂直分布,气象,(10),(1979)。
- [39] 史风波,太行山和燕山山地年降水量的空间分布特征,气象,(2),(1981)。
- [40] 李懋刚,峨嵋山的降水量,气象,(7),(1981)。
- [41] 杨美华,长白山的气候特征及北坡垂直气候带,气象学报,39(3),(1981)。
- [42] 林之光,地形对温、压、湿、风、降水和日照时数变化影响的研究,地理学报,36(4),(1981)。
- [43] 林之光,我国的地形性夜雨,气象,(6),(1982)。
- [44] 中央气象局考察组,山区××工厂气象考察报告,全国应用气候会议论文集,科学出版社,(1977)。
- [45] 湖南省气象局,山区××工厂建厂后气象考察报告,全国应用气候会议论文集,科学出版社,(1977)。
- [46] 中国科学院大气物理研究所,山区空气污染与气象,科学出版社,(1978)。

- [47] 王菱等, 西双版纳地形小气候与橡胶树寒害的关系, 科学通报, (7), (1980)。
- [48] 江爱良, 华南植胶区防护林气象效能的试验考察报告, 科学出版社, (1958)。
- [49] 陈万隆, 山地平均温度的估算方法, 气象, (6), (1980)。
- [50] 傅抱璞, 坡地对日照和太阳辐射的影响, 中国科学(英文版), 8(7), (1959)。
- [51] 傅抱璞, 论坡地上的太阳辐射总量, 南京大学学报(自然科学版), (2), (1958)。
- [52] 傅抱璞, 起伏地形中辐射平衡各分量的计算, 气象学报, 34(1), (1964)。
- [53] 傅抱璞, 关于山区气候资料的延长和推算问题, 气象学报, 40(4), (1982)。
- [54] 傅抱璞, 山谷风, 气象科学, (1)—(2), (1980)。
- [55] 傅抱璞, 山地气候, 科学出版社, (1983)。
- [56] 叶笃正, 小地形对气流的影响, 气象学报, 27(3), (1956)。
- [57] 李冀等, 背风坡形成的非线性数值试验及其对降水的影响, 大气科学, 2(3), (1978)。
- [58] 郭晓岚、钱永甫, 青藏高原对夏季天气气候日变化影响的数值试验, 高原气象 1(3), (1982)。

国外山地气候研究近况

虞静明 李怀瑾

(南京大学气象系)

一、引言

山区气候特点、山脉对天气气候的影响、山区气候资源的开发和利用等,正日益成为世界气象、生物、地理和物理、数学等学科方面的学者研究的重大课题。到目前为止,世界性的大规模山地气象会议已开过几十次,如阿尔卑斯山地气象会议已开过十六次,喀尔巴阡山国际气象会议也开过九次。在这些会议上,山脉对大气边界层过程的影响、山区的气候特征和气候资源是讨论的重要内容。1976年6月在瑞士因特拉肯举行的有美国气象学会、生物学会和欧洲的许多科学团体参加的山地气象和生物气象会议上,对于山区气象要素的时空变化和污染浓度对人类健康状况的影响等方面,提出了目前看来比较新颖的研究成果^[1]。此外,世界各国,尤其是苏联、美国、德国、挪威、澳大利亚、日本等国对山地气候特征、山区水热资源和植物、动物生态问题,做了大量的考察和调查研究,为开发山区的自然资源和改善人类的生活环境,作了大量的科研工作,并取得了许多有价值的研究成果。

二、山区气候野外考察的研究概况

近几年来,在欧洲各国联合发展了对阿尔卑斯山和喀尔巴阡山进行大规模的野外考察工作。在第十五次阿尔卑斯山国际气象会议上,根据全球大气研究计划(GARP),与会者们制定了高山野外实验研究计划,即阿尔卑斯试验(ALPEX),中心设在南斯拉夫^[2]。从1980年开始,对阿尔卑斯山展开了大规模的实验研究,大量收集野外考察资料,并研究解决其测量方法和测量精度问题。参加这个计划的有阿尔卑斯山的所有国家,另外还有欧洲的一些发达国家 and 美国等。野外考察的规模之大,设备之全,技术之先进,在世界上是首屈一指的。这对于研究阿尔卑斯山脉的影响、人类活动的影响、山地生物气候学和选择航空路线将提供最可靠的实验数据^[3]。

在美国的科罗拉多州,对山区的研究工作开展得较多。1975年10月,学者们对科罗拉多中心谷作了风场和温度场的观测,使用系留气球和平衡气球,测量了近地层的风速、风向、温度及其随高度的分布,分析研究了山谷上空的乱流特征、温度状况对近地层平均风速的影响,作出了山谷环流路径的新模型,并对谷中逆温的下沉速度等作出了新的结论^[4-6]。科罗拉多大学利用滑翔机、飞机和卫星等先进的探测方法以及地面气象观测网,研究山区积云产生、发展和移动的规律^[1]。为了探讨中尺度和大尺度天气过程对山地上空乱流状况的影响,他们利用飞机测量的资料,计算了山地上空不同高度的乱流输送通量^[7]。科罗拉多大学还组织了高山研究站,沿着落基山脉向北穿过加拿大的弗郎特山脉设置了四个主要测点和三个辅助测点,海拔高度从1885米到3749米,观测了辐射、日照、气温、湿度、风等要素并放探空^[8],

分析这些资料得到许多有价值的结果。例如，科罗拉多州的丹佛高山站的气象资料与其它测点的资料具有很高的相关关系，由此可以用内插法确定其它地点的要素值。

德国学者 Lauer Wilhelm 和他的学生们在北半球的热带山区和近热带的中纬度山区及美国南部山区作了多年的考察研究，提出了热带山脉按高度划分的基本气候特征和生态分布特征^[9]，对热带山脉垂直气候特征和气候资源的研究做出了很大贡献。

1974—76年 E. Michna 等人在喀尔巴阡山的 СТРВЯЖ 河的上游作了详细的地方气候和小气候的野外考察，对河谷不同区域的水热条件和不同天气类型及不同山脉形态下的水热条件的差异作了试验比较^[10]。

在靠近赤道的非洲肯尼亚山，海拔高度达 5185 米，T. D. Davies 等人也曾设置两个测点作过为期两个星期的冰川小气候考察^[11]，观测项目有太阳辐射、气温、风向风速、云量、天气现象、能见度等，并有五个高度温度和风的梯度观测。这次考察资料，在世界上可算是相当宝贵的。

除了上述山地野外考察以外，在美国，以内华达山脉的气象研究规模为最大，出版了专门的论文集^[12]。其中有山区气象观测方法和仪器的介绍以及山区气象要素推算方法的论文。在苏联的喀尔巴阡山、高加索、乌拉尔以及中亚和帕米尔等地，都开展过规模较大的研究，多数都是综合性的野外考察，出版的专题论文很多。苏联在这方面的工作做得较系统，也较全面和详细。

其他国家开展山地研究和野外考察也不少，可见文献[13—15]，这里不再一一赘述。

三、山区气候资源的研究

上述大量的山区气候野外考察和调查工作，除了为理论上研究山脉对天气、气候，特别是对边界层大气的影晌和用数值模拟研究这些影响提供可靠的实验数据外，同时也是为了更好地开发和利用山区气候资源。

在苏联，各加盟共和国对山区的气候资源普遍地开展了研究，并将研究结果在连续刊物上或用专辑论文发表过。各加盟共和国的山区水热资源和风能分布有详细的调查和计算结果，作物生长期和季节长短随海拔高度和地形的变化也研究得十分详细。这对于合理栽培农作物和经济作物、充分利用山区的自然资源是必须的。

在研究山区热量资源时，不同的学者采用不同的指标。苏联的 Л. И. Сакали 等人用积温随海拔高度的分布作指标^[16—17]，也有人用霜日随地形和海拔高度的变化作指标^[18]。保加利亚学者按照 В. Хессе 的分类法把冬季分成 5 组 10 型，用不同海拔高度台站的气候资料确定各类型冬季的频数及其随海拔高度的变化^[19]。苏联亚美尼亚共和国分析四季天数随海拔高度的变化，发现在 1500 米高度处，冬夏季长度相等^[18]。

在山区的综合利用和合理布局上，编制气候要素的图表是颇有用的^[20—23]。苏联学者 Л. С. Потапова 为了得到高精度的气候要素图，将堪察加半岛的山区资料，用电子计算机解热量和水分平衡方程，由得到的共同解构成该地的热量、降水、径流、蒸发和土壤湿度分布的气候图^[21]。这种方法是解决许多理论课题和应用课题的良好工具。作图法是小气候区划的主要基础^[22]。把各类要素综合起来定出指标等级，并将各等级按符号或用颜色在地图上勾划出来，就可以从图上直观地看出新城市、工业联合企业、居民点和农、林区所适宜的位置。

上述方法优点很多，主要是明显地提高了图的精度，因为它不是简单地采用内插法或外

推法，而是同时求解每小时的水分和热量平衡方程，并且，此解要同时满足这两个方程。但是在使用作图法时，要注意以下三点：①如何选择适当的指标；②如何利用有测站地点的资料推算出无测站地点的资料，尤其是在站少、地形复杂的情况下，需慎重对待。有些学者认为，用地形和气候相似法较好^[24]；③同一地区用不同指标作出的图不能互相抵触。

在山区条件下，苏联学者提出估计气候生产效能的计算公式^[25]：

$$\Pi_k = \frac{B \cdot \beta \cdot k\phi \cdot h}{10^5 \cdot q}$$

式中， Π_k ——气候生产效能(单位：千卡/厘米²·年)， β ——吸收辐射的积分系数， $k\phi$ ——太阳能与生物能之间关系的换算系数， h ——腐植质层的厚度(单位：厘米)， q ——土壤容重(单位：克/厘米³)。这个公式的优点是同时考虑气候参数和土壤、植被群落数值，计算值与实测资料也较符合。在英国，学者们研究了丘陵地形气候和小麦、大麦的产量关系^[26]。当土壤性质完全相同时，南坡以坡脚点的收获量最高，尤以早年明显。在德国的凯撒斯劳滕山，学者们对葡萄园作了地形气候研究^[27]。在“屋顶花园”安装仪器观测，并采用航空摄影，研究如何避免葡萄的霜冻，这种研究是很独特的。学者们还提出了根据山地的形态(地方纬度、高度、坡向、坡度和最大光能通量)和气候要素(风、温、日照、平均云量、雾的频数)计算葡萄生长期的有效能量通量的方法^[28]。在挪威，1963—66年也曾做了大规模的考察和研究工作^[29]，发现农作物生长期和水热资源不仅随地形和高度而变，也随离开海岸的距离有变化。

四、山区气候的理论研究

各国的气象学家，根据山区常设气象站资料和野外考察资料，经过统计分析，得到很多有价值的成果，特别是找出了一些经验公式可以使用于无测站山区。也有些人从理论上导出山地气候要素的计算模式，并根据物理条件定出模式中的参数，再用实测资料验证模式的可信程度。无论是经验模式还是理论模式，实质上都是找出各个要素随地形遮蔽、海拔高度、植被和天气条件而变化的关系，从而得到具有普遍意义的计算模式。

1. 辐射

苏联学者根据喀尔巴阡山多年观测资料求出实际条件下总辐射 Q' 和晴天总辐射 Q 及云量 N 的关系^[16]： $Q' = f(Q, N)$ ，用不同的 Q 和 N 作成图表，再根据不同的坡度、坡向和海拔高度做出订正值，从而得到各种不同情况下的实际总辐射 Q' 的值。

澳大利亚学者 M. Nunez 从理论和实验资料找出计算坡面上的总辐射公式^[30]：

$$Q' = I_m (1 - n_l) (1 - n_m) (1 - n_k) \cos \gamma + DV + Q' \alpha (1 - V).$$

式中 $D = Q' - I_m (1 - n_l) (1 - n_m) (1 - n_k) \cos Z$ ；

$$I_m = I_0 \psi_{wa} \psi_{da} \psi_{rs} \psi_{ds} \psi_{ws}；$$

I_0 ——太阳常数； ψ_{wa} 、 ψ_{ws} 、 ψ_{da} 、 ψ_{ds} ——太阳辐射穿过大气时被水汽吸收和散射后的系数以及被灰尘吸收和散射后的系数； ψ_{rs} ——太阳辐射经雷莱散射后的透过系数。这些系数由观测气象条件求出； V ——可见天空因子(求法见文献[30])； Z ——太阳天顶距； γ ——坡面法线与太阳光线夹角； n_l 、 n_m 、 n_k ——分别为低、中、高云量。

这个公式在南部的霍巴特山区用实测资料作了验证。看来这个公式在数学上、物理意义上和气象上来说，都是较严密的。

山区总辐射在有云和无云的条件下，随海拔高度的变化可见文献[16]。这里，我们要指出

的是斯洛伐克学者 Я.Томляин 根据捷克、阿尔卑斯、高加索和中亚细亚等山区的多年资料找到的总辐射穿过云的平均系数 K_H 和高度 H 的关系:

$$K_H = 0.01 \left(26 + \frac{2}{300} H \right)$$

式中 H 以米为单位。并发现 K_H 随季节而变化: 夏季 K_H 随 H 变化不明显, 冬季较明显。这可能与云的垂直大小年变化和大气中杂质含量变化有关^[16]。因此总辐射 Q' (有云) 随云量和海拔高度的变化可写成:

$$Q' = \left[Q_0 - (Q_0 - Q_m) e^{-\frac{n}{E}} \right] \left\{ 1 - \left[1 - 0.01 \left(26 + \frac{2}{300} H \right) \right] n \right\},$$

这里 n ——平均云量; Q_0 ——大气上界太阳辐射; Q_m ——地面太阳总辐射; E ——经验常数。这个公式能否在我国山区使用, 还有待于验证。

散射辐射随高度的变化也有许多经验公式, 详见文献[31]。近几年来, 许多学者用数值模拟研究大气逆辐射和有效辐射^[32-34]。有些学者还考虑纬度和大气参数(透明度、温度、云量)和地形(方位、坡度、谷底)以及植被, 所得结果与实测颇接近^[1, 30, 35]。虽然使用上述模式计算麻烦, 但是在没有实测资料的情况下; 或者即使有仪器测量但精度不能保证的情况下, 使用模式计算还是较可行的方法。在苏联计算有效辐射主要是用别尔梁德的方法^[36]。

К.Я.Кондратьев 等人经过多年研究, 得到坡面上辐射平衡 B_s 和水平面上辐射平衡 B_H 的比值随坡向、坡度和云量变化的详细结果^[37]。这对于研究坡面辐射状况和热量平衡是很方便的。现在, 很多人都应用这个结果。

2. 温度和热量平衡:

山区温度垂直分布随地理位置、地形、高度、季节和天气等的不同而不同, 这方面的文献很多^[13, 38-43]。由于高山站稀少, 多数地区都没有观测资料。在相同地形条件下, 根据已有高山站资料, 可以用内插法和外推法求出无测站地区的资料。据研究, 对温度影响最大的是海拔高度, 其次是纬度, 最后是经度^[38]。在北半球, 山区气温直减率 γ 的一般特点是: ①北风时 γ 比南风时大; ②在坡的下部和低山中 γ 小, 因为低高度的逆温频率高; ③上述两点冬季比夏季更明显。根据多年的研究, 最低气温随海拔高度的增加而减低, 逆温强度随谷的形状不同而不同: U 形宽谷逆温最强, 在坡的上部具有温度达最高的暖带, 而窄谷逆温较弱。因此谷的宽度对霜期有明显影响^[38, 44-45]。但是当坡上有森林或人类居住时, 暖带不出现。

在没有实测资料, 并且也不能用内插法或外推法时, 理论上的计算方法是统计法(找出回归方程)和数值模拟法。这不仅可以用于温度, 也可以用于求热量平衡分量^[1, 12, 14, 18, 46]。这个方法尽管有些与实测值相差不大, 但目前还不十分完善, 有待于进一步研究提高。因这种方法建立在解乱流热传导方程的基础上, 而这个方程即使在平坦开阔地面上仍有许多急待解决的问题, 更何况用于地形复杂的山区呢。

3. 山区降水

国外研究得较多的是降水与地形的关系, 如降水随海拔高度的变化, 山区降水测量的精度问题等。根据研究^[38], 不同情况下地形对降水的影响是不同的。气流过山时, 由于地形的作用, 改变了风速, 因而也影响了降水分布。若用 h 表示测点与山脊的高差, d 表示测点与山脊间的水平距离(迎风侧), 当 $\frac{h}{d} \leq 0.05$ 时, 山对迎风侧降水的影响可以不计; 当 $\frac{h}{d} > 0.1$