

山地气候资源与开发利用

傅抱璞 虞静明 卢其尧 著



南京大学出版社

山地气候资源与开发利用

傅抱璞 虞静明 卢其尧 著

南京大学出版社

1996 • 南京

(苏)新登字 011 号

内 容 简 介

本书理论联系实际,理论与应用并重。全书共分四章,第一章是基本理论,主要从理论上分析山地日照、辐射、降水、蒸发与山地地形的关系及其时空变化规律与理论计算(包括数值模拟)方法,同时也扼要地介绍了山地气候的观测和研究方法。第二章根据实际观测资料分析阐明各种气候要素与海拔高度、坡地方位、地形形态和当地天气气候背景的关系及其时空分布实况。第三章主要研究山地超短期观测资料的延长与无观测地方气候要素值的推算问题,并列出了我们所求得的各种小地形对温、湿、风影响的订正值。第四章研讨地形的农业气候效应、山地农业气候区划和农业气候资源评价的方法及山地农业气候资源的开发利用问题。

本书可供气象、气候、农业气象、森林气象、地理、水文、资源、环保以及农、林、牧业和能源、交通等专业人员和大、中专院校师生阅读或参考。

山地气候资源与开发利用

傅抱璞 虞静明 卢其尧 著

南京大学出版社出版

(南京大学校内 邮编 210093)

江苏省新华书店发行 丹阳市兴华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 20.625 插页 1 字数 518 千

1996年6月第1版 1996年6月第1次印刷

印数 1—800

ISBN 7-305-02969-6

P.110 定价:24.00 元

责任编辑:新 平

(南大版图书若有印、装错误可向承印厂退换)

前 言

气候不仅是人类生存和生产活动的重要环境条件,而且也是人类物质生产不可缺少的自然资源。因为光、热、水、风等气候要素既是决定各种动、植物能否生长的限制条件,又直接影响生物的产量和质量,即它们可以通过动、植物的生产转化为生产、生活资料的物质财富,而且通过太阳能和光能利用及水力和风力发电,可直接变为供人们方便使用的生活、生产的能量。同时气候还影响人们的体质、健康、精神状态和工作效率,也是一种重要的精神财富。

人类为了取得适宜的生活和生产活动环境,谋求最大经济效益和社会效益,从气候方面来说,首先就要了解气候和气候资源的基本特点和时空变化,研究其形成原因、物理机制和相互影响及其与其它自然环境条件的关系,然后才能更好地去适应它,趋利避害、因地制宜、因时制宜的合理开发利用它,并有意识地做好保护和管理,尽可能进行一些人工改造,使之得以良性循环,并逐渐向更有利的方向发展。只了解和保护气候资源,不开发利用,是浪费,没有经济意义;只开发利用,不保护,是掠夺和破坏,将会产生恶性循环,使气候条件和气候资源逐渐变坏,最后成为得不偿失,产生负的经济效益和社会效益,结果是贻害子孙后代。因此开发利用和保护管理是矛盾的统一,不可偏废。

我国山地(包括高原和丘陵地)面积约占国土总面积的三分之二,而山地气候随着海拔高度、坡地方位和地形形态变化复杂,气候资源丰富多样。随着我国人口的增长、城镇和工业的发展,平原地区耕地面积愈来愈少,人口密度愈来愈大,自然资源愈来愈少,只有山区不仅土地面积大,人口少,而且植物、动物和矿物资源丰富,又有各种各样的气候条件,今后加快开发利用山区,势在必行。为了适应山区建设的需要,研究山地气候资源及其开发利用不仅具有学术意义,更有很大的实用价值。为此,我们根据自己多年进行山地气候考察和研究结果,综合国内外其它一些有关资料和研究工作,本着理论联系实际和理论与应用并重的原则,合著了《山地气候资源与开发利用》这本书。书中第一章阐述了山地气候的观测和研究方法,从理论上分析了山地日照、辐射、降水、蒸发与山地地形的关系及其时空变化规律与理论计算方法,并扼要地介绍了山地气候的数值模拟方法和我们所得到的一些主要模拟结果。第二章根据野外考察和气象台站观测资料分析阐明山地和气候特征与海拔高度、坡地方位、地形形态和当地天气气候景背的关系及其时空变化实况。第三章专门研究山地超短期观测资料的延长和无观测地方各种气候要素值的推算问题,并根据观测和推算结果列出了各种地形对温度、湿度和风速影响的订正值,以便于实际应用。第四章是研讨地形的农业气候生态效应和合理利用、山地农业气候区划和农业气候资源评价的方法及山地农业气候资源的开发利用问题,不仅作了理论分析,也列举了很多实例,这是我们研究山地气候资源最终落实到应用的具体体现。

本书第一章全部及第三章第一、二、四、六节由傅抱璞执笔;第二章及第三章第五节全部和第七节部分由虞静明执笔;第四章及第三章第三节全部和第七节的一部分由卢其尧执笔,最后由傅抱璞统一定稿。

近十年来南京大学大气科学系气候专业数十位本科生、硕士研究生和博士研究生参加过

本书有关的观测、考察和研究工作，在此表示感谢。

由于作者水平有限，书中不妥和错漏之处在所难免，欢迎大家批评指正。

傅抱璞

1995 年春于南京大学

目 录

前 言	(i)
第一章 山地气候的研究方法与理论计算	(1)
第一节 山地气候的研究方法与野外考察	(1)
一、山地气候的研究方法	(1)
二、野外考察的目的和要点	(1)
三、关于测点的布置和选择问题	(2)
四、关于仪器安装和观测方法问题	(4)
(一) 仪器安装问题	(4)
(二) 观测方法问题	(5)
(三) 测点描述问题	(5)
五、关于资料审查和订正问题	(6)
第二节 山地日照的计算与变化	(8)
一、影响山地日照的因素	(8)
二、山地日照时间的理论计算	(8)
(一) 多面体地形中日照时间的计算	(9)
(二) 孤立斜坡上日照时间的计算	(14)
(三) 平行山脊中日照时间的计算	(16)
(四) 圆形山谷中日照时间的计算	(17)
三、山地日照时间的变化	(20)
(一) 坡地上日照时间的变化	(20)
(二) 不同地形下日照时间的差异和变化	(22)
四、山地实际日照的变化与计算	(24)
第三节 山地直接太阳辐射的计算与变化规律	(25)
一、直接太阳辐射的计算	(25)
(一) 理论计算	(25)
(二) 近似计算	(27)
二、不同地形下可能直接太阳辐射日总量的差异和变化	(29)
三、向阳坡的最热坡度和临界坡度	(31)
(一) 最热坡度	(31)
(二) 临界坡度	(37)
第四节 山地散射辐射的计算与变化	(39)
一、概述	(39)
二、非各向同性的计算模式	(40)
三、参数的确定	(45)
四、模式的检验及计算与观测结果	(47)

五、各向同性的计算模式·····	(48)
第五节 山地的外反射辐射和有效辐射·····	(51)
一、山地的反射率·····	(51)
二、山地的外反射辐射·····	(53)
三、山地的有效辐射和净辐射·····	(61)
第六节 山地降水的计算模式和变化规律·····	(67)
一、降水的基本计算模式·····	(67)
二、最大降水高度·····	(72)
三、地形变化的降水计算模式·····	(74)
四、背风面的降水计算模式和普遍模式·····	(75)
五、参数的确定·····	(76)
六、降水的计算与观测结果及其变化规律·····	(79)
第七节 山地的蒸发·····	(82)
一、概述·····	(82)
二、计算蒸发的水热法·····	(84)
三、公式的检验和参数 m 的确定·····	(87)
第八节 山地气候的数值模拟研究·····	(90)
一、控制方程组·····	(90)
三、三维地形气候模拟·····	(93)
三、地形形状对过山气流的影响·····	(98)
四、干谷和湿谷小气候差异的数值模拟·····	(105)
五、峡谷效应的数值模拟·····	(107)
参考文献·····	(112)
第二章 山地气候特征 ·····	(115)
第一节 海拔高度与气候·····	(115)
一、山地日照和辐射随海拔高度的变化·····	(115)
(一)日照随海拔高度的变化·····	(115)
(二)太阳辐射随海拔高度的变化·····	(119)
(三)有效辐射随海拔高度的变化·····	(127)
(四)净辐射随海拔高度的变化·····	(130)
二、山地温度随海拔高度的变化·····	(132)
(一)平均温度随海拔高度的变化·····	(132)
(二)最高、最低气温随海拔高度的变化·····	(135)
(三)气温日、年较差随海拔高度的变化·····	(137)
(四)影响气温垂直变化的因子·····	(139)
三、山地湿度随海拔高度的变化·····	(145)
(一)绝对湿度随海拔高度的变化·····	(145)
(二)相对湿度随海拔高度的变化·····	(147)
四、山地降水随海拔高度的变化·····	(151)
(一)降水量随海拔高度的变化·····	(151)

(二) 关于最大降水高度的问题	(155)
第二节 坡地方位与气候	(158)
一、不同坡地方位的日照和辐射特征	(158)
(一) 坡地方位与日照	(159)
(二) 坡地方位与太阳辐射	(159)
(三) 坡地方位与有效辐射	(162)
(四) 坡地方位与净辐射	(162)
二、不同坡地方位的温度特征	(165)
(一) 平均气温随坡地方位的变化	(165)
(二) 最高、最低气温随坡地方位的变化	(168)
(三) 气温递减率随坡地方位的变化	(169)
三、山地降水与坡向	(172)
第三节 地形形态与气候	(176)
一、地形形态对温、湿度的影响	(176)
(一) 地形形态对温度的影响	(176)
(二) 地形形态对湿度的影响	(179)
二、地形形态对风的影响	(182)
(一) 风向与地形	(182)
(二) 风速与地形	(184)
三、地形形态对降水的影响	(186)
(一) 盆地、谷地的降水	(186)
(二) 喇叭口地形的降水	(188)
(三) 地形形态对降水日、年变化的影响	(188)
第四节 山地天气气候特征	(190)
一、山脉对天气系统移行、演变的影响	(190)
二、山脉对局地天气过程的影响	(192)
(一) 东北山区的焚风效应	(192)
(二) 地形影响下的昆明静止锋	(193)
(三) 中尺度山地对局地天气的影响	(194)
第五节 实例分析	(195)
一、秦岭的山地气候特征	(195)
二、武夷山的气候特征	(197)
(一) 武夷山区的地形对冬、夏天气系统的影响	(197)
(二) 武夷山区的逆温	(198)
第六节 小 结	(199)
参考文献	(200)
第三章 山地短期观测资料的延长与气候要素值的推算	(203)
第一节 超短期观测资料的延长与插补	(203)
一、超短期资料的延长	(203)
二、超短期资料的插补	(204)
第二节 山地气候要素空间分布的模拟	(206)

第三节 各种温度要素的推算和小地形订正值	(210)
一、分离综合法	(211)
二、统计模拟法(I)	(213)
三、统计模拟法(II)	(216)
四、变换界限法	(219)
五、各种温度要素的小地形订正值	(221)
(一) 月平均温度的小地形订正值[用分离综合法求得]	(221)
(二) 农业气候热量资源的小地形订正值[用统计模拟法(I)求得]	(224)
第四节 极端温度的推算和小地形订正值	(229)
一、极端温度随海拔高度的变化	(229)
二、极端温度随纬度的变化	(231)
三、极端最低温度的推算	(231)
四、小地形影响的确定和小地形订正值	(232)
第五节 空气湿度的推算和小地形订正值	(236)
一、模式推算法和小地形订正值	(236)
二、指示植物推测法	(240)
三、陆地卫星相片分析推算法	(240)
第六节 风的推算和小地形订正系数	(241)
一、风速随高度的变化	(241)
二、一般风速的推算和小地形订正系数	(243)
三、河谷地形的风速的推算和小地形订正系数	(245)
四、由测风资料推算局地环流速度的方法	(248)
五、坡风的理论计算	(251)
第七节 地貌学的推算方法和自然物候法	(254)
一、地貌学的推算方法	(254)
(一) 地形的地貌学特征量	(255)
(二) 地形的地貌学指数	(255)
(三) 地形地貌学参量对气候效应的确定	(257)
二、自然物候法	(258)
参考文献	(259)
第四章 山地农业气候资源的评价与开发利用	(261)
第一节 地形的农业气候生态效应及其利用	(261)
一、宏观地形对气候的影响及其生态效应	(261)
二、中、小地形局地气候生态环境及其在农、林业中的利用	(263)
(一) 坡地	(263)
(二) 盆、谷地	(269)
(三) 马蹄形地形	(270)
(四) 山区逆温暖带	(272)
第二节 山地农业气候区划	(274)
一、山地农业气候区划方法论	(274)

二、农业气候资源的评价与垂直分层方法	(277)
(一) 因子分析法	(277)
(二) 聚类分析法	(277)
(三) 经验正交函数分解法(主分量分析法)	(278)
(四) 模糊综合评判方法	(279)
三、山地农业气候区划的种类与实例	(280)
(一) 山地综合农业气候区划	(280)
(二) 山地作物与林木的气候区划	(288)
(三) 地形农业气候效应分类	(300)
第三节 山地农业气候资源的开发利用与多种经营	(306)
一、山地农业气候资源开发利用与多种经营应注意的几个问题	(306)
二、合理布局粮食生产	(307)
三、发展经济林果	(307)
四、保护林业与草场资源	(309)
(一) 林业资源的保护与利用	(309)
(二) 草场资源的保护与利用	(311)
五、利用气候优势层	(312)
六、建立高山蔬菜基地	(315)
(一) 山区蔬菜对夏秋气候的适应性	(315)
(二) 山区蔬菜的多层次、多品种发展	(316)
七、发展优势土特产品	(317)
参考文献	(318)

第一章 山地气候的研究方法与理论计算

第一节 山地气候的研究方法与野外考察

一、山地气候的研究方法

世界山地占陆地总面积的 20%，我国是一个多山的国家，山地(包括高原和丘陵)面积约占国土总面积的 2/3，而山区气象台站稀少，且多设在交通和生活比较方便的河谷低处或山谷里，不能代表各种地形，加之山区地形复杂，形成多种多样的局地状况，以至任何一个站只可能代表有限区域。因此，仅仅根据现有气象台站的观测资料是远远不够了解山区气候的特征，更谈不上对山地气候进行较深入的研究。

目前研究山地气候主要采用野外考察、模型实验、数值模拟和卫星探测等几种方法。但由于山地自然情况太复杂，一些自然条件不可能在实验中完全重现，模型实验一般只是用来研究气流过山时流场和风场的变化。数值模拟是一种很有发展前途的科学方法，但也是由于自然情况太复杂，人们对它了解不够，处理很困难，目前虽然对简单地形下的流场、风场及某些局地风的形成和发展研究较多，对温度场和降水的分布也已开始进行模拟，但离真正解决问题和实际应用还距离很远。卫星探测是研究广大山区气候最快最省的一条新途径，大有发展前景，但目前还只适用于研究山地较大面积上的气候概况，而且需要有一定的地面观测相配合，以确定反演参数。在当前情况下，比较广泛采用而解决实际问题的还是野外考察，但野外考察花费人力、物力、财力大，不可能在广大山区到处进行考察。因此，将来把地面站和卫星遥测技术与用野外考察和模型实验深入研究某些具体山地现象的个例相结合，把理论研究和数学模拟与实际观测相结合，也许是最佳的研究方法。但不管怎样，野外实地考察总是研究山地气候最重要的基础。下面我们就着重谈谈有关山地气候野外考察的一些问题。

二、野外考察的目的和要点

因为地形的空间分布错综复杂，变化无穷，所以山区的气候状况也是变化多端，各地不同。从小气候和局地气候的角度来说，进行气候考察的目的，除完成某种具体任务外，就是通过一些典型地区的野外观测得出地形对气候影响的一般规律和数量指标，以便根据这些规律和数量指标推算其它无观测地方的气候情况，但不同地形因素影响气候的规律不同。山区各地的地形都是由各种地形因素组合而成，而各地的小气候特点，则是组成各地的诸地形因素的综合反映，而根据综合反映的观测资料，笼统分析综合影响的规律是非常困难的。因此，研究山地气候比较行之有效的方法是，将影响山区气候的地形因素根据其特点和性质分为若干类型，分别研究各类地形因素对气候的影响，找出其变化规律。然后再根据各地具体地形情况综合各地地形因素的影响，得出其具体气候情况。为简便起见，我们把这种先分离后综合的研究方法叫做分离综合法。

影响气候的地形因素有包括山脉走向、总体高度和长度等的宏观地形因素和包括局地海

海拔高度、坡地方位、地形形态和植被、土壤等的微观地形因素。宏观地形因素因为在空间上的分布具有一定规律,故其影响气候的空间分布也有一定规律。微观地形因素因为在空间上的分布漫无规律,故其影响气候的空间分布也无规律。但在其它条件相同的情况下,对于海拔高度、地形形态和坡地方位每个单独因素来说,它们对气候的影响又都有一定规律。此外,地理位置(经、纬度)和其它大自然环境(如大森林、大水体以及离海洋远近等)对气候影响的分布也是比较稳当而有规律的,可以和宏观地形因素合在一起作为宏观地理因素。

因为任何一地的气候特点都是由宏观地理因素、局地海拔高度和小地形(为简便起见我们把坡地方位、地形形态和植被、土壤等统称为小地形)三者所决定,只要知道这三个因素的影响,就可推知山区任何没有观测地方的气候情况。宏观地理因素的影响一般可以根据现有气象台站网的观测资料确定,海拔高度的影响有些地区也可以根据气象台站的资料确定,但不少地区由于缺少高山站或台站分布的高度不理想(都集中在某一狭窄范围内),也难确定海拔高度影响。因此,从小气候角度来说,野外考察应着重在不同纬度的各种气候区选择典型山地,观测小地形和海拔高度的影响,并且除在不同季节进行布点较多的短期观测外,最好还要在一些典型地段的代表点进行一些时间较长的固定观测(包括气象观测和物候观测)。

野外考察一般有定点观测、流动观测或路线考察两种方式^[1]。定点观测是根据考察的目的和任务,在考察地区选择若干有代表性的地形或剖面设置固定观测点(包括基本点、辅助点和对照点)进行较长时间(少则几个月,多则几年)的观测。流动观测是为了得到研究地区的某些气候情况(如最低温度和霜冻的分布等)或弥补定点观测不足而进行的,一般是用少量仪器沿预先选定的路线来回进行观测。

三、关于测点的布置和选择问题

山地气候考察的测点布置视研究目的而定,如果目的是研究海拔高度的影响,测点应设在周围没有遮蔽的不同海拔高度的山顶或高地上,或坡向、坡度和周围遮蔽情况大致相同的坡地上;如果目的是研究坡地方位的影响,则测点应设在海拔高度和坡度(坡向)大致相同的具有代表性的不同坡向(坡度)的坡地上,并除坡地本身外遮蔽最小;如果目的是研究地形形态的影响,测点应设在山脉同一侧海拔高度大致相同的不同地形中;如果目的是研究大地形或宏观地理因素的影响,测点应设在没有小地形影响或小地形相似的周围比较开旷的地点(这也是一般气象站选择站址的原则)。总之,除所要研究比较的那个地形因素外,其它自然条件(包括植被和土壤在内)原则上都应保持大致相似,特别是一些影响较大的主要因素优先保持相似。否则,所观测到的各点的气候差异是多种因素综合影响的结果,这样就很难确定所要研究比较的那个地形因素究竟起了多少作用。但是自然地形不是人造模型,要在同一地区找到一些除某一地形因素外其它各种自然条件都完全相似或大致相似而且在交通和生活各方面又能满足一定要求的点是很困难的,所以在选择测点考虑相似性时,还要灵活机动,注意重点(抓主要矛盾)。

此外,在考察地区附近一定要有质量较好的具有长年观测资料的气象站,并且野外考察每天观测的时间一定要把气象站的观测时间包括进去,以便把考察资料与气象站同时期的观测资料相联系,找出二者之间的关系,从而把短期的野外考察资料延长为长序列,得出正常的特征值,只有把考察资料与气象站的资料相联系,才能把考察结果推广应用到别的地方去,或根据条件相似性来估计其它没有气象观测地方的气候情况。

因为野外考察测点选择和资料推广应用都涉及到条件相似的问题^[2],而实际自然界条件

完全相似的情况又很少,在考虑具体问题时还要灵活机动,抓住重点,即注意着重考虑影响所测或所要推求的要素的主要因素,这就需要对相似的实质和各种因素可能影响气象要素变化的情况有比较清楚的了解。下面就比较详细的谈谈这个问题。

从影响气象要素值的角度来说,所谓条件相似,有各种影响热状况的因素(如地形、植被、土壤、时间、季节、纬度和天气型等)的相似,即热力条件相似和各种影响空气运动状况的因素(地形、植被和风向等)的相似。若所要观测或推求的气象要素主要是受热力条件的影响,重点应考虑热力条件相似。若所要观测或推求的气象要素主要是受动力条件的影响,重点应考虑动力条件相似。一般有关辐射、日照、温度和湿度的问题应以考虑热力条件相似为主,有关风的问题应以考虑动力条件相似为主。

地形和植被不同,既会影响热状况,也会造成对空气运动的动力作用不同,它们既是影响热力的因素,也是影响动力的因素。因此,在考虑相似性时,不管对什么要素来说,地形和植被相似总是必要的。但是在作为热力因素考虑时,地形相似应是在地平坐标系中的几何形状相似,植被相似应主要是植被的高度和郁闭度相似。在作为动力因素考虑时,地形相似应是在运动坐标系(以研究地点为原点,以空气水平运动的方向和与此方向水平垂直的方向为水平坐标轴)中几何形状相似,植被相似应主要是木本植被(如森林、林带等)的高度和结构相似。当所要研究比较的两个地方的自然风向相同时,地形的热力相似和动力相似是一致的,当两个地方的自然风向不同时,这两种相似就一般不同。是热力相似,未必是动力相似。反之,热力不相似,也可能是动力相似。这是在考虑地形条件相似时应该注意的问题。

此外,在考虑热力或动力相似时,还要根据具体情况分析哪些因素是主要的或起决定性作用的,哪些因素是次要的或不致影响问题本质的。对于起决定性作用的主要因素必须优先考虑相似,对于一些不致影响问题本质的次要因素,如果能保持相似自然最好,万一不能兼顾,那就只好不考虑或少考虑,或用别的办法将这些因素的影响进行补充订正。例如,假定在同一地区有很多坡地,但其坡向、坡度、海拔高度、植被和土壤等都只能在某些方面相似,不能在所有方面完全相似。在这种情况下,如果我们要在这些坡地中选择几个坡地研究坡向(坡度)对温度的影响,自然主要应考虑热力相似,但又不能做到使除所要研究的坡向或坡度外,所有其它影响热力的因素都相似,只能考虑某些主要因素相似。然而主要因素和次要因素是随着时间和空间相互转变的,在此时此地这是主要因素,那是次要因素;在彼时彼地则可能正好相反。因此,在考虑条件相似时还要根据具体情况具体分析。作为考虑相似条件的一个具体例子,我们且对本问题在不同情况下所应考虑相似的主要因素作一具体分析。首先,我们分析各个因素对温度影响的情况:

1. 坡向、坡度

坡向、坡度对温度的影响在回归线和极圈之间一般是冬季大,夏季小,纬度愈高,影响愈大,且夏半年坡向、坡度变化对温度的影响一般是北向坡地大,南向坡地小,在冬半年则南、北坡向的坡地都同样明显。东向和西向坡地都是坡向变化的影响大,坡度变化的影响小得可以忽而不计。对一般中等坡度的中小地形来说,南北坡的平均气温差异在冬季大约是 $1-2^{\circ}\text{C}$ (在有冷空气侵袭时可达几度),在夏季一般只有零点几度,表层平均土温的差异在冬季可达 $4-7^{\circ}\text{C}$,在夏季大致是 $1-3^{\circ}\text{C}$ 。而地面最高温度在冬季晴天南坡可比北坡高 15°C 以上。

2. 海拔高度

海拔高度对温度的影响一般比较稳定,而且温度随高度的递减率每百米只有零点几度。

在考虑热力相似时,对海拔高度这个因素,如果不是相差太大,可以少考虑,其对温度的影响可按递减率作补充订正。

3. 植被

植被对温度的影响是很明显的,而这种影响又因草本植被和木本植被而不相同。木本植被内的平均土温一般可与裸地相差2—8℃(随着纬度、季节和植被郁闭度等而不同),最高土温可相差十几度,最低土温可相差零点几度到一、二度。百叶箱高度的平均气温和最低气温可与裸地相差零点几度到一度左右。最高气温可相差零点几度到几度。故木本植被对温度的影响与坡地方位具有相同量级。对落叶林来说其最大影响是表现在夏季,最小影响在冬季。草本植被对平均土温和最低土温的影响几乎与木本植被相同,对最高土温的影响虽比木本植被小,也有好几度,但对百叶箱高度气温一般都不甚明显。因此,在考虑气温的热力相似时,对草本植被的差异可以不必多注意,主要应考虑木本植被的相似性。

4. 土壤性质

土壤性质对土温的影响也很明显,由于土壤性质不同,表层土壤的温度可以相差好几度,但对百叶箱高度的气温来说,只要土壤性质相差不太悬殊,其影响是不会太大的,一般可以少考虑,特别是同一地区更可忽视。

根据以上分析,可以知道,如果我们所要研究的是气温,则在所述问题中需要保持相似的主要因素应是木本植被和坡地方位(坡向或坡度),而在坡地方位中又随着纬度和季节不同需要保持相似的主要因素不同。

如果所研究的是土壤温度,则除要考虑以上所述木本植被和坡地方位因素相似之外,还要尽可能考虑草本植被和土壤条件大致相似,万一因受实际条件限制不能做到这一点,也要根据专门观测或小气候知识把应该保持相似而没有相似因素的影响进行补充订正。

应该指出,因为气温易受空气流动所造成的与周围邻近地区水平热量交换的影响,而土温主要是受局部地面热力条件的影响,所以在考虑热力条件相似时,对于气温应注意考虑比较大面积的平均情况相似,对于土温则更应注意考虑局部条件的相似。

此外,还要提醒一下,在野外考察布点观测时,如果有些测点对某些影响较大的相似条件未能考虑,为了在以后处理资料时进行适当订正,就需要在考察期间有计划地布置一些必要的附加的对比观测。

四、关于仪器安装和观测方法问题

(一) 仪器安装问题

在山地进行气候考察,有时由于地形关系,其仪器安装不能都象气象观测那样按规范进行,而是有其自己的特点。例如,在坡地上进行观测时,地面温度就不能在坡面上人工削出一块小平地放置地面温度表,而应当将地面温度表沿等高线放置在局部坡度与所在坡地大面积平均坡度相同的自然坡面上(但要把附近的草连根拔掉,并把表层土壤耙松),同时地温表安装的深度不是从地面向下按铅直距离计算,而应按垂直坡面的距离计算,并沿等高线放置。当坡度较大($>25^\circ$)时,对在地面附近安装的其它仪器的离地距离也应这样计算。雨量测量除安装一般的水平雨量筒外,还要增加安置与坡面垂直(其受雨面与坡面平行)的雨量筒,前者用以测量自然降水量,后者用以测量落在坡面上的实际降水量。辐射仪器如果数量不足,应首先保证在周围没有遮蔽或遮蔽最小的地方安置一套作为基本点,而用另一套或几套辐射仪器轮流在

一些没有固定辐射仪器的点上与基本点作短期对比观测。测量热通量的仪器不管在什么地形下都应与测点地面平行安置。如果采用通风干湿表观测空气温、湿度,在离地面 50 厘米高度以内应将仪器平放进行观测,在 50 厘米高度以上,为观测方便,可将仪器竖挂。

此外,应该注意的是,在进行野外考察时所有各种仪器都应预先进行一次检定,同时在观测过程中要经常检查观测记录,注意仪器使用情况,如果发现某一仪器有毛病应及时修理或掉换仪器。在观测结束时应将所有仪器就在野外进行一次自然检定,查明各测点所用的仪器在观测期间是否自始至终都正常,或出了某种问题,以便判断观测资料的可靠性,并及时进行某些可能做到的补救工作,使最后进行气候分析时不致因观测资料有问题而得出不正确的结果。

(二) 观测方法问题

山地气候的观测方法,对一些常规仪器和常规项目来说,基本上是与一般气象站相同。对于一些非常规仪器,应按该仪器的要求正确使用,如果使用不当,有时会产生很大误差,使所得资料失去真实性,无法比较。例如,比较常见的通风干湿表,如果读数不取多次平均值,只读一个数,由于脉动的影响,其偏差(与几次读数的平均值比较)可有零点几度,在夏季晴天午后时间有时可达 1°C 左右;由于润湿纱布不够和读数时通风速度不足可使干球温度相差 1°C 以上,湿球温度相差 $2-3^{\circ}\text{C}$,这个误差已达到不同小地形之间的温差量级,根据潘守文^[3]的论证,小气候观测的重复读数应有 10—12 次。根据我们自己的经验,一般取 6 次重复读数可能是比较适当的。

在山地由于地形特殊,对某些要素的观测还有自己的特殊性。例如,在坡地上进行辐射观测时,除了按一般辐射观测站将辐射仪器水平放置观测水平面上的各种辐射通量外,还要将辐射仪器与坡面平行放置(直接辐射表例外),观测实际到达坡面上的散射辐射(或总辐射)、大气逆辐射和真正来自坡面的反射辐射及热辐射,并以此确定坡面的辐射平衡和坡面反射率。因为决定坡面上热状况的辐射因素是坡面上的辐射收支,而不是水平面上的辐射收支。

由于野外考察时间短,对于天气型的划分也不能象一般大气候观测那样只以平均云量为标准。而必须还要考虑云层实际对太阳的遮蔽情况。例如就长期平均情况来说,如果日平均云量少于 2,便可视为白天受到太阳照射的时间平均在 80% 以上,应为晴天。但就一天或几天的短期情况来说,就可以完全不同,有时虽然日平均云量少于 2,可是云总是在太阳附近,遮蔽太阳的时间长,可使实际天气情况相当于阴天。反之,有时虽然云量较多,可是遮蔽太阳的时间不长,也可实际相当于晴天。同时,在分析资料时为了判别一些不规则变化情况的原因和提供某些小气候特征的物理论证也需要有太阳被云遮蔽情况以及风向和地面湿润状态的说明,所以在野外考察时除要按常规观测云状、云量和风向外,还要按干、微湿、湿、很湿记载地面湿润情况,并在白天进行温度测量时根据下列符号记下太阳视面状况:

⊙²——太阳视面无云。

⊙¹——太阳视面为薄云所遮蔽,但物影清楚。

⊙[•]——太阳为密云所蔽,但轮廓可见,地面无物影。

□——太阳视面完全为浓云遮蔽,不见轮廓。

(三) 测点描述问题

由于野外考察的测点不是象气象站那样按统一的规范标准建立的,而是每个测点都有各自的自然特点或不同的自然环境情况。因此,为以后分析资料参考应用,和把观测结果推广应用到别的地方时考虑相似性的需要,对每个测点都要有比较详细的测点描述。如测点的地理

位置和海拔高度、测点所在处的大小地形、植被和土壤情况、附近和周围环境、所用观测仪器和安装高度、观测时间以及在观测过程中所出现的问题和仪器使用情况等等。同时,对每个测点都要作一张地平线的遮蔽图(以下简称可蔽视角图),其做法如下:

在测点放一经纬仪,由南向顺时针方向每转动 10° 或 5° (视地形变化的复杂性而当)测量

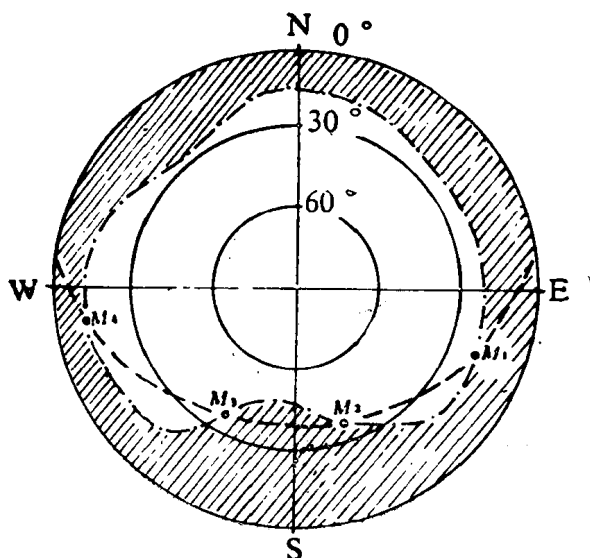


图 1.1 测点的可蔽视角图

一方位角 θ 和在该方位上所看到的地形或其它障碍物最高点的仰角,亦即地形对测点所遮蔽的视角 h (以一简称可蔽视角)。然后如图 1.1 所示,将测量结果点在以方位角为角坐标,以可蔽视角为度向径,并取坐标原点的度向径为 90° ,最外一圈圈为 0° 的标坐标图上,通过各点绘一曲线,则这条曲线就是表示周围地形或其它障碍物对测点遮蔽程度的可蔽视角曲线。在可蔽视角曲线的外面(即测点被地形遮蔽的部分)画上阴影线或用各种符号所表示的在各方位上遮蔽视线的障碍物的记号,则这样的图形就是上面所谓的可蔽视角图。这个图对于了解测点周围遮蔽情况,确定测点日出和日没时间、计算测点可照时间和太阳辐射日总量以及分析测点周围地形

对风的影响等等都是非常有用和必不可少的。

五、关于资料审查和订正问题

野外考察由于测点多,仪器多且容易受到各种自然条件的影响,不可能保证所有仪器都自始至终性能不变,数据可靠。同时观测人员多,不是所有人员都训练有素,观测质量也难以完全保证。因此在观测结束以后进行资料分析之前,必须首先对观测资料采用各种方法(如分析各要素的日变化曲线和高度分布廓线,将同一测点的各要素相互比较,与邻近测点的相同要素比较及凭小气候常识和个人经验等)进行严格审查,去伪存真,改正一些有把握可以改正的错误,去掉一些确定有问题而无法改正的资料,以保证观测资料准确可靠,不为少数不正确的资料混淆是非。

在山地进行野外考察,由于实际自然条件的限制,往往不能严格按照相似原则来布置测点,有时在某些方面保持了相似性,而在另外方面又失去了相似性。如果这个失去了相似性的方面对某个气象要素影响较大,则在资料处理时必须加以订正。否则,其观测资料就不好同其它测点比较。例如,假设有 A 、 B 、 C 、 D 四个测点, A 点在山下谷地, B 点在山坡下部的缓坡上, C 在山坡上部的陡坡上, D 在山顶,如果要利用这四个测点的日照和辐射观测资料研究日照和太阳辐射随海拔高度的变化,那么在处理资料时就必须设法消除地形遮蔽对日照和太阳辐射的影响以及周围地形对 A 、 B 、 C 点附加的反射辐射影响,把 A 、 B 、 C 三个点都订正到与山顶无遮蔽的相同情况。否则,如果直接用四个点观测资料比较,那所得到的差异变化,就不单是海拔高度的影响,而是地形和海拔高度的综合影响,有时地形的影响甚至超过海拔高度的影响,使人得出错误的结论。同样,假设 A 、 B 、 C 、 D 四个测点是分设在海拔高度和坡度各不相

同的东、南、西、北四个坡向的坡地上,要研究坡地对日照,太阳辐射或其它气象要素的影响,也必须把 A 、 B 、 C 、 D 四个点的观测资料订正到相同高度和相同坡度才能相比较。

关于如何订正的问题,则要看具体情况和具体条件而定,没有千篇一律的方法,但总的说来,不外以下几种途径:

- (1) 根据预先设计的对比观测,确定所要订正因素可能产生影响的数量指标。
- (2) 根据某些有关考察点的观测资料,找出所要订正因素的可能影响。
- (3) 参考其它地方的有关观测资料,根据相似法确定适当的订正值。
- (4) 根据小气候知识和自己经验估计适当的订正值。
- (5) 根据理论计算。

(6) 采取一些其它的特殊方法,例如当我们需要利用上述 A 、 B 、 C 、 D 四点的观测资料研究日照和太阳辐射随海拔高度的变化时,为了消除地形遮蔽对日照的影响,就可首先根据各测点的可蔽视角图和太阳视运动轨迹线用图解法和有关天文学公式确定各测点每天日出和日没时间,从而算出在没有地形遮蔽时段内每天的日照时间,然后将各测点实际日照时间与在有地形遮蔽情况下日照时间之比乘以测点在没有地形遮蔽时应有的日照时间(可以从理论上计算),即得到基本上消除了地形影响的各测点应有的实际日照时数。

地形对太阳辐射的影响表现在三个方面:一是有时(特别是在早晨和傍晚时间)会遮蔽直接太阳辐射,二是遮蔽一部分天空,减少散射辐射;三是由于周围下垫面对太阳辐射的反射增加一部分在平面所没有的从周围地区向测点射来的额外的反射辐射。因此,在消除地形对散射辐射的影响时,必须在使用天空辐射表所实际测得水平面上的散射辐射中把被地形遮蔽的那部分天空的散射辐射 D_s 加进去,同时减掉从周围地区下垫面所射来的那部分额外的散射辐射 R_s ,即若有在地形遮蔽下用天空辐射表所实际测得水平面上的散射辐射为 D_a ,则在无地形遮蔽时(即消除地形遮蔽影响以后)水平面上的散射辐射 D 应为

$$D = D_a + D_s - R_s \quad (1.1.1)$$

设周围地形在任意方位 θ (从正南向顺时针方向计算)对测点的可蔽视角为 $h(\theta)$,则根据文献[4], D_s 和 R_s 可以分别表示如下:

$$D_s = \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^{h(\theta)} i_{\theta,h} \sin h \cos h dh \quad (1.1.2)$$

$$R_s = \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^{h(\theta)} r_{\theta,h} \sin h \cos h dh \quad (1.1.3)$$

其中 $i_{\theta,h}$ 和 $r_{\theta,h}$ 分别代表在 θ 方位与 h 高度方向射来的天空散射辐射强度和周围下垫面的反射辐射强度。假定 $i_{\theta,h}$ 和 $r_{\theta,h}$ 都与方向无关,或取平均值 $i_{\theta,h} = \bar{i} = \text{常数}$, $r_{\theta,h} = \bar{r} = \text{常数}$,则因 $D = \pi \bar{i}$, $R = \pi \bar{r}$ (代表周围下垫面的反射辐射通量密度),将(1.1.2), (1.1.3)对 h 积分以后得

$$D_s = BD, \quad R_s = BR \quad (1.1.4)$$

其中

$$B = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2 h(\theta) d\theta \quad (1.1.5)$$

因为测点各方位的可蔽视角 $h(\theta)$ 可以从测点的可蔽视角图上查出,所以根据(1.1.5)式可用图解积分求出各测点的 B 值。

将(1.1.4)代入(1.1.1)可以得出

$$D = \frac{D_a - BR}{1 - B} \quad (1.1.6)$$