

中国

STUDY ON CHINA'S
ZONING AND CLIMATE
ATLAS SCHEME

气候区划与气候图集

方案研究



廖要明 翟盘茂 等著

中国气候区划与气候图集方案研究

廖要明 翟盘茂 郑景云 著
刘建栋 龙步菊 张洪政

内 容 简 介

本书根据气象行业专项“最近三十年中国气候图集编制和气候区划研究”项目研究成果综合汇编而成。本书总结了我国气候区划和农业气候区划的研究进展、气候区划指标和方法的变化情况,并对主要气候区划指标的气候变化特征进行了研究;根据更加丰富的历史观测资料和最新的气候区划指标,重新编制了中国1981—2010年的气候区划和农业气候区划,并对区划界线的变动情况进行了分析;还分析了中国部分极端天气气候事件指标的气候变化分布特征;并根据最新的中国气候区划、农业气候区划以及国内相关的科研成果,结合中国气象局新的气候业务需要,编制了《1981—2010年中华人民共和国气候图集编制方案》。本书收入相关论文、报告共14篇,主要包括以下三个部分的内容:(1)中国气候区划研究;(2)中国气候图集编制方案研究;(3)极端天气气候事件研究。本书对开展中国气候区划、农业气候区划、气候图集编制以及极端天气气候事件研究有很好的参考作用,可以作为气象、气候变化、自然地理、农业等专业科研、业务、教学和管理人员的参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国气候区划与气候图集方案研究/廖要明等著.

北京:气象出版社,2014.2

ISBN 978-7-5029-5881-7

I. ①中… II. ①廖… III. ①气候区划-研究-中国
②气候图-研究-中国 IV. ①P468.2 ②P469.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第023850号

Zhongguo Qihou Quhua yu Qihou Tuji Fang'an Yanjiu
中国气候区划与气候图集方案研究

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

总 编 室:010-68407112

网 址: <http://www.cmp.cma.gov.cn>

策划编辑:崔晓军 齐 翟

责任编辑:邵俊年

封面设计:易普锐创意

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

字 数:288千字

版 次:2014年2月第1版

定 价:42.00元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxchs@cma.gov.cn

终 审:崔晓军

责任技编:吴庭芳

印 张:11.25

印 次:2014年2月第1次印刷

前 言

编制气候区划是人类认知、判定区域气候特征最为根本、最为基础的工作。客观、准确的气候区划有助于人类把握区域气候基本特征,并由之为人类生存、经济建设、社会发展提供重要的、最为基本的参考依据。早在 19 世纪,伴随气候学研究的初始阶段,气象学家就开始尝试对全球气候进行分类、区划。因此,气候区划是气候学领域中最重要研究内容之一。

我国老一辈气象学家对气候区划给予了高度重视,在我国著名气象学家竺可桢先生亲自督导下,进行了大量的气候区划工作,并取得了一系列重大研究成果。藉此,我国气候工作者对我国气候的区域分布格局开始有了较为清晰的认识,并为我国经济发展提供了重要的战略参考。气候区划研究工作在我国开展已逾 80 年,积累了大量的成果,这些成果围绕当时的社会需求(特别是农业生产的迫切需要),以当时的气象观测资料为基础,较好地揭示了我国当时的气候区域分异,在农业生产、水利建设等领域中发挥了重要作用,并形成了较为成熟的气候区划理论和方法。但这些研究成果因受当时资料 and 认识的限制,尚存在一些不足。而且随着近几十年的全球气候变暖,我国平均气温呈现出北高南低、冬季增温大夏季增温小的区域与季节不均衡增暖特点;全国平均年降水量虽然没有显著的趋势变化,但区域性的增减幅度较为明显;同时,其他气候要素也出现了明显的变化。以上因素导致各地气候状况相应出现了不同程度的变化。此外,由于我国社会经济的迅速发展,诸多领域(如生态文明建设、可持续发展与循环经济建设及区域发展战略布局等)又对气候区划提出了新的需求。

因此,在充分吸纳已有区划基本理论与区划原则基础上,采用新资料和新认识再次对我国气候进行区划,不论是科学研究,还是在应用上,都很有必要。本书是气象行业专项“最近三十年中国气候图集编制和气候区划研究”(2011—2013)项目研究成果汇编。全书总结了我国气候区划和农业气候区划的研究进展、气候区划指标和方法的变化情况,并对主要气候区划指标的气候变化特征进行了研究;根据历史资料和最新的气候区划指标,重新编制了中国 1981—2010 年的气候区划和农业气候区划,并对区划界限的变动情况进行了分析;本书还分析了中国部分极端天气气候事件的气候变化特征;并根据最新的中国气候区划、农业气候区划以及国内相关的科研成果,结合中国气象局新的气候业务需要,编制了《1981—2010 年中华人民共和国气候图集编制方案》。本书包括中国气候区划研究、中国气候图集编制方案研究和极端天气气候事件研究三部分内容。希望本书能对开展中国气候区划、农业气候区划、气候图集编制以及极端天气气候事件分布变化研究等具有参考价值和意义。

著者

2013 年 10 月

目 录

第一部分 中国气候区划研究

中国气候区划研究进展·····	(3)
1961—2010 年中国气候区划各级指标的变化研究·····	(10)
1951—2010 年中国气候区划及界线变动·····	(23)
1951—2010 年中国农业气候区划及界线变动·····	(48)
基于作物生长数值模拟的华北冬小麦生产潜力 CAST 区划研究·····	(59)
三种聚类分析方法在中国气候温度区划研究中的应用·····	(68)
基于高分辨率 DEM 的复杂地形下江西太阳总辐射分布式模拟·····	(77)
秦岭南北 1951—2009 年的气温与热量资源变化·····	(86)

第二部分 气候图集编制方案研究

1981—2010 年 30 年气候资料统计整编方法(地面)·····	(97)
1981—2010 年中华人民共和国气候图集编制方案·····	(116)

第三部分 极端天气气候事件时空分布与变化研究

我国小时极端强降水的气候分布特征·····	(127)
中国日降水量小于不同阈值日数时空分布特征·····	(138)
全球变暖背景下中国极端风速变化特征·····	(155)
1961—2010 年中国雾霾日数的年代际变化特征·····	(165)

第一部分 中国气候区划研究

中国气候区划研究进展

刘静 翟盘茂

中国气象科学研究院,北京 100081

摘要:从气候区划的指标以及气候区划的原则和方法两个方面总结了我国气候区划的主要进展,并讨论了中国气候区划可能存在的一些问题,指出改进区划指标、确定区划“关键期”、减少区划的主观性、完善高原观测资料以及探讨区划指标年代际变化特征将有助于提高我国气候区划的实用性和可靠性。

关键词:气候区划 区划指标 区划方法

1 引言

气候区划,即按照气候特征的相似和差异程度,以一定的指标对某一地区范围进行气候区域划分。一地的气候条件在很大程度上决定了该地种植作物和植物的种类,进行气候区划有利于充分认识并利用全国或各地区的气候资源,为各部门特别是农业部门制定农业生产发展规划提供科学依据。

竺可桢是中国气候区划第一人,早在1929年,竺先生在泛太平洋学术会议上宣读了《中国气候区域论》^[1],根据当时很少的气温和雨量资料将中国划分为8个区。而后涂长望等^[2]、卢鋈^[3]、陶诗言^[4]等参考农作物分布以及季风特征等对气候区划进行了改进。早期的气候区划仅仅是对区划领域感兴趣的气象学者个人所做的工作,直到20世纪50年代末一些部门才开始进行系统全面的气候区划工作。1959年,中国科学院自然区划工作委员会发表《中国气候区划(初稿)》^[5],1985年,中国科学院《中国自然地理》编辑委员会利用1951—1970年资料进行分级区划^[6]。中国气象局*分别利用1951—1970年、1951—1980年和1961—1990年的资料对全国先后进行了三次分级气候区划^[7-9]。国内不少学者针对气候区划的指标和方法进行了探讨和改进^[10-13],使中国的气候区划工作更加完善。气候区划的地域差异很明显,外国的分类方法不一定适合中国的气候^[1],因此本文仅仅对以往中国的气候区划工作进行系统地总结,主要从区划指标和区划方法两个方面展开讨论,并在最后提出我国气候区划可能存在的一些问题。

2 气候区划指标

中国是农业大国,因此进行全国气候区划时应着重考虑影响农作物生长发育的主要气候

* 中国气象局局名的历史沿革:1949—1953年称“中央军事委员会气象局”,1953—1982年称“中央气象局”,1982—1993年称“国家气象局”,1993年起更名为“中国气象局”。

因子。只有满足一定的温度条件,才能保证作物正常的生长发育和丰裕的农业产品。在热量条件满足的情况下,水分是决定作物产量的主要因子。热量和水分的不同组合形式在很大程度上决定了农作物以及植被的空间分布,因此在气候区划工作中,热量和水分是首要考虑的指标。

2.1 热量指标

2.1.1 界限温度及其积温和持续时间

衡量某一地区热量资源的主要指标是大于等于某一界限温度的积温以及相应的持续天数^[14],一些界限温度标志着重要物候现象或农事活动的开始、终止及转折点^[15]。例如,0℃是喜凉作物生长的起始温度,0℃以下的持续时间是我国北方冬小麦的越冬期;10℃是喜温作物生长的起始温度,10℃以上的持续日数是喜温作物的生长期。在20世纪80年代以前,中国的气候区划多采用10℃以上的积温作为主要的热量指标,但1980年丘宝剑在《全国气候区划的一些问题》一文中指出用 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温是不等价的,因为相同的积温在各地的作用不同^[10],而后陈咸吉又指出,在中国用 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温日数作为热量指标可以较好地显示出各气候带的水平和垂直地带性^[11]。因此,自20世纪80年代之后,中国科学院《中国自然地理》编辑委员会^[6]、中国气象局^[7-9]以及郑景云等^[12]均以日平均气温稳定通过10℃期间的天数作为热量指标。

计算 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温和积温日数需先确定 $\geq 10^\circ\text{C}$ 初、终日,主要有二倍偏差法、5日滑动平均法、3日连续偏低法等统计方法^[16],其中最常用的是5日滑动平均法,即对每年的逐日平均气温进行5日滑动平均,例如对于日平均气温为 x_i 的闰年来说,滑动平均序列表示为 $\hat{x}_j = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 x_{i+j-1}$, $j = 1, 2, \dots, 362$ 。选取滑动平均序列中 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的最长一段时期($\hat{x}_m \sim \hat{x}_n$),则根据 \hat{x}_m 确定原始5日平均气温 $x_m, x_{m+1}, x_{m+2}, x_{m+3}, x_{m+4}$ 中最先出现 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的日期作为初日,根据 \hat{x}_n 确定原始5日平均气温 $x_n, x_{n+1}, x_{n+2}, x_{n+3}, x_{n+4}$ 中最后出现 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的日期作为终日,初、终日之间的天数和日平均气温之和分别作为积温日数和积温。

2.1.2 极端温度

对越冬的一年生作物和多年生作物来说,冬季的严寒程度关系到作物能否安全越冬,决定了作物的种植界限。因此,越冬期间的热量条件也是重要的参考指标。常见的指标包括极端最低气温平均值、极端最低气温和最冷月平均气温等^[15]。

在高海拔的青藏高原地区,作物后期的温度高低对作物成熟度和籽粒饱满程度有重要的影响。因此,在高原地区,除了关注越冬期间的温度状况以外还需关注最暖月的平均气温^[17]。

2.2 水分指标

2.2.1 降水量

大气降水是一地最主要的水分来源。降水的空间分布决定了作物的空间分布。中国的年降水量自东南沿海向西北内陆减少。降水充沛的东南地区是中国水稻的主要产区,并且适合种植喜温好湿的经济林木和果树。在降水量不充足的秦岭、淮河一带,黄河流域,以及辽东半岛等地区以旱作作物为主,而在降水十分匮乏的西北地区则以畜牧业为主^[15]。因此,在中国

的气候区划工作中,年降水量、月降水量和季降水量都是重要的水分指标。

2.2.2 年干燥度

年降水量仅仅反映了水分的收入,要客观表征干湿状况需要综合考虑水分的收支变化。年干燥度(K)是常用的揭示水分平衡的干湿指标,定义为年潜在蒸散量(ET_0)与年降水量(P)的比值。年潜在蒸散量是指在土壤水分充足的理想条件下的最大可能水分支出。计算潜在蒸散量的方法多种多样,常用的有联合国粮食及农业组织(FAO)推荐的 Penman-Monteith 公式、Thornthwaite 公式和 Holdridge 公式等。其中 FAO Penman-Monteith 公式综合考虑了降水、温度、空气湿度、太阳辐射及风速等因子的作用,具有明确的物理意义和坚实的理论基础,被国内外许多学者引用并得到了很好的结果^[18]。FAO Penman-Monteith 的计算方法见公式(1):

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

式中, ET_0 为潜在蒸散量(mm/d), R_n 为作物表层净辐射($MJ/(m^2 \cdot d)$), G 为土壤热通量($MJ/(m^2 \cdot d)$), T 为 2 m 高度处日平均气温($^{\circ}C$), U_2 为 2 m 高度处风速(m/s), e_s 为饱和水汽压(kPa), e_a 为实际水汽压(kPa), Δ 为饱和水汽压曲线斜率($kPa/^{\circ}C$), γ 为干湿表常数($kPa/^{\circ}C$)。其中每项的计算公式详见文献^[18]。

2.3 综合指标

影响气候地域分异的指标要素有很多,而在实际的气候区划中只能选取其中几个,有很强的主观性,因此有学者提出应用主成分分析法,将数量较多的指标重新组合成一组新的互相无关的综合指标,再选取前几个方差较大的综合指标进行气候区划。例如,缪启龙等^[19]对陕西省 17 个气候要素进行主成分分析,前三个主成分的累积贡献率达 89%,并且它们代表的物理意义很明确,第一、二、三个主成分分别反映了陕西的水分状况、热量状况以及冬季积雪和大风日数的状况。

3 气候区划的原则和方法

3.1 区划原则

3.1.1 实用性

气候区划可以从发生学原则和实用性原则出发,发生学原则主要是从气候形成的原因来阐述气候的分布规律^[10],例如按照辐射平衡或者气团进行区划^[20]。对于幅员辽阔的中国,形成区域间气候差异的因素非常复杂,没有统一的发生学原则指标,因而中国的气候区划主要考虑实用性。中国是农业大国,气候区划也注重为农业服务^[21]。此外,为了区划的合理性,区划分界线还需参考地形和植被等的分布。

3.1.2 地带性与非地带性相结合

地带性从狭义上讲仅仅指纬向地带性,主要指太阳辐射引起的气候要素的带状变化。而由距海远近和海拔高度等引起的变化称为非地带性变化^[10]。一些学者强调纬向地带性的重

要性,主张先分带后分区,而也有学者认为我国山多,海拔高度差异明显,主张先分区后分带。两种区划思想并不对立,一地的气候受地带性因素和非地带性因素的共同影响,需综合考虑。中国科学院《中国自然地理》编辑委员会和中国气象局均将青藏高原作为一个独立的单元,与其他地区作为两大区域分别进行气候区划^[6-9]。

3.1.3 主导因子与辅助因子相结合

影响一地气候的因素有很多,进行气候区划时很难将每个因素都囊括在内。考虑到实用性原则,在中国常将对农作物生长发育有最大影响的因子作为主导因子,再选取一两个辅助因子进行修正,使区划更为合理。

3.2 区划方法

3.2.1 分级区划

中国气象局和中国科学院《中国自然地理》编辑委员会均采用三级等级体系区划方案^[6-9],即采用临界值法在全国范围内首先划分温度带,继而在各个温度带中划分干湿区,最后在干湿区内划分气候区。进行温度带划分时,采用日平均气温稳定通过 10 °C 的日数作为主要指标,日平均气温稳定通过 10 °C 期间的积温以及极端最低气温的多年平均值作为参考指标。此外,除高原以外的地区,采用 1 月平均气温作为辅助指标,而在高原地区,将 1 月和 7 月平均气温均作为辅助指标。进行干湿区划分时采用年干燥度指数作为主要指标,降水量作为辅助指标。此外,考虑到气候受非地带性因素的影响,采用 7 月平均气温划分气候区。

各部门或个人划分带、区的临界值略有差别,例如 1994 年中国气象局^[8]划分高原亚寒带和高原亚温带平均气温 ≥ 10 °C 日数的临界值为 140 d,而郑景云等^[12]则使用临界值 180 d。划分的带、区的个数也不同,1994 年中国气象局将干湿区划分为湿润、亚湿润、亚干旱、干旱和极干旱五类,而郑景云等则仅仅划分为湿润、半湿润、半干旱和干旱四类。郑景云等利用 1971—2000 年逐日气象观测资料绘制的全国气候区划图(图 1),将全国划分为 12 个温度带、24 个干湿区和 56 个气候区,并与以往的区划进行对比后指出,20 世纪 70 年代以来,亚热带北界与暖温带北界出现了明显的北移,同时北方地区半湿润与半干旱的分界线也出现了不同程度的东移与南扩^[12]。

3.2.2 聚类分析

所谓聚类,就是将研究对象归为不同的类,同一类中的对象有很大的相似性,而不同类间的对象有很大的差异性。国外的气候区划大多采用聚类分析方法^[22-23],与分级区划相比,这种方法大大降低了人为因素的影响。中国也有不少学者打破传统,采用聚类技术进行新的尝试。

刘蕴薰等^[24]选定 5 个气候指标,利用聚类分析方法对吉林省进行农业气候区划,分为 6 个主要类型和 13 个副型。Leber 等^[25]采用 Ward 聚类方法将青藏高原划分为 9 个区,并且指出这种新型的分区可以体现冬夏季风对高原的影响。丁裕国等^[13]提出了一种新的区划方法,即将统计聚类检验(CAST)与旋转经验正交函数或旋转主分量分析(REOF/RPCA)相结合,并将其应用于中国夏季极端高温和冬季极端低温的年际振荡分型,印证了此方法用于气候区划的可行性。王顺久等^[26]建立了基于投影追踪原理的动态聚类模型,并在黔西北地区的气候区划中得到很好的验证。

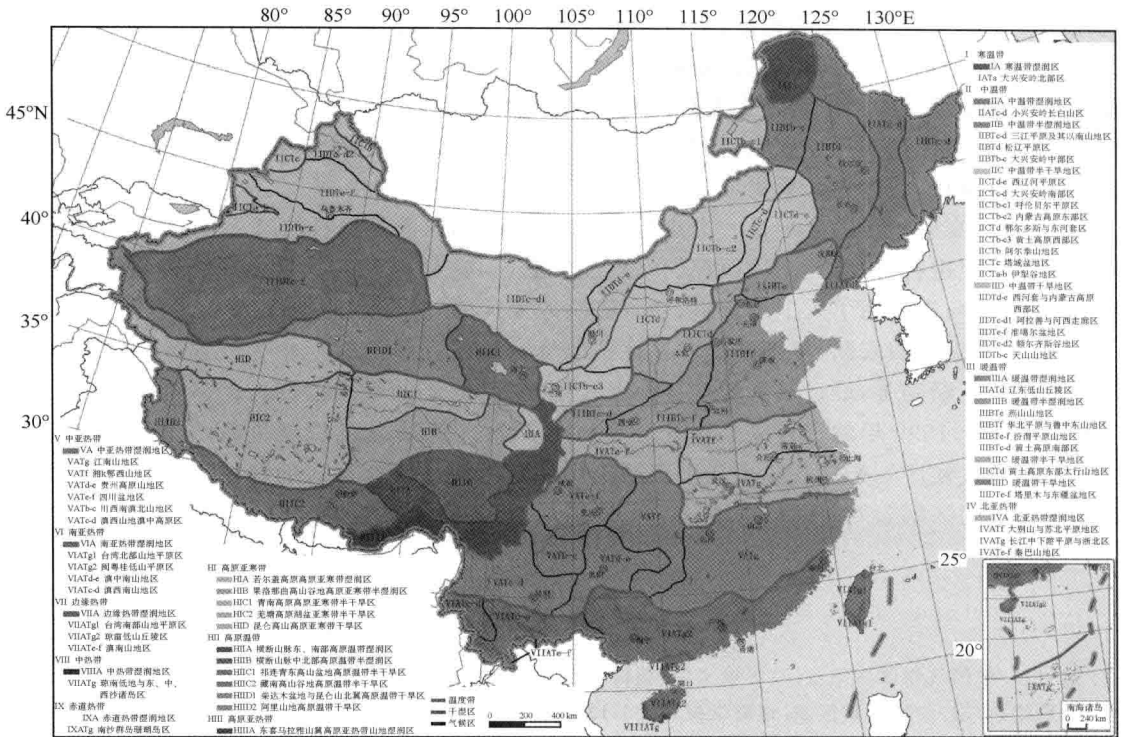


图1 全国气候区划^[12]

4 问题与讨论

最近十几年针对气候区划的研究相对较少,即使是最新的研究,也是沿袭以往的区划指标和区划方案,仅仅使用最新的数据集重新进行区划。但气候区划是一项烦琐复杂的工作,且要求有很高的实用性,以便正确指导各部门尤其是农业生产的布局规划,已有的气候区划仍存在一些**问题**,现列举如下:

(1)区划指标往往选取变量的多年平均值,比如 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温和积温日数的多年平均、年干燥度的多年平均等,然而平均值仅代表50%左右的年份能够达到的水平。若仅仅按照平均值进行气候区划并指导农作物种植,则在某些年的指标值远远高于平均水平时,就会造成气候资源的浪费,大大减少农作物应有的产量;相反,在某些年的指标值远远低于平均水平时,就可能造成减产甚至灾荒。因此,需考虑指标的稳定性问题,即多年的震荡幅度。若某一地区的指标较为稳定,则采用多年平均值比较合理;若某一地区的指标震荡幅度较大,则引入“保证率”可能更为合理,如某一地区80%保证率的 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温表示积温能够达到这个水平的可能性有80%。

(2)热量指标选取日平均气温稳定通过 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的持续日数,因为它直接影响了农作物的生长发育,然而水分指标则选取年干燥度,即年潜在蒸散量与年降水量的比值,但是月、季亦或某一时期的干湿状况可能才是影响农作物生长发育和产量的关键因素。因此,有必要寻找这一“关键期”,可通过调查作物产量与各时段水分指标的关系得到。但是,有一个难点是,影响不

同作物产量的关键时期是不同的,进行全国气候区划时该如何取舍也是值得讨论的。

(3)人为因素对已有的气候区划的影响较大,例如分级区划方法中各个带、区分界线值以及聚类区划中聚类的个数均是人为规定的,这样不同的部门或个人得到的区划结果会有或多或少的差异,考虑到实用性原则,在根据气候指标进行区划后,还应结合地形、植被分布和土壤类型等进行修正,使区划结果更加客观和合理。

(4)青藏高原地区的区划是一个难题,其中最重要的原因是资料的缺乏。以往仅仅利用站点资料对高原进行区划,而高原西部的站点非常匮乏,这样得到的区划主观性很强。因此,在今后的工作中,应考虑引入卫星资料,使青藏高原地区的气候区划更加完整。

(5)由于资料的限制,早期的学者往往选取资料比较完整的时期作为气候区划的时间段。随着资料的不断完善,最近的区划均是根据区划指标 30 年的平均值进行的。例如,中国气象局利用 1961—1990 年的资料以及郑景云等利用 1971—2000 年的资料进行的全国气候区划。但是需要对气候区划指标在过去几十年的年代际变化特征进行深入的探讨,根据其年代际变化确定合理的区划起始时间段可能比简单地采用 30 年的资料更为合理。

参 考 文 献

- [1] 竺可桢. 中国气候区域论//《竺可桢文集》编辑小组. 竺可桢文集. 北京:科学出版社,1979:124-132.
- [2] 涂长望,卢鋈. 中国气候区域. 地理学报,1936,12(9):495-528.
- [3] 卢鋈. 中国气候区域新论. 地理学报,1946,(00):1-10.
- [4] 陶诗言. 中国各地水分需要量之分析与中国气候区域之分类. 气象学报,1949,20(4):43-50.
- [5] 中国科学院自然区划工作委员会. 中国气候区划(初稿). 北京:科学出版社,1959:1-297.
- [6] 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会. 中国自然地理:气候. 北京:科学出版社,1985:1-161.
- [7] 中央气象局. 中华人民共和国气候图集. 北京:地图出版社,1979:222-223.
- [8] 中国气象局. 中国气候资源地图集. 北京:中国地图出版社,1994:277-278.
- [9] 《中华人民共和国气候图集》编委会. 中华人民共和国气候图集. 北京:气象出版社,2002:6-7.
- [10] 丘宝剑. 全国气候区划的一些问题. 气象,1980,(9):6-8.
- [11] 陈咸吉. 中国气候区划新探. 气象学报,1982,(1):35-48.
- [12] 郑景云,尹云鹤,李炳元. 中国气候区划新方案. 地理学报,2010,65(1):3-12.
- [13] 丁裕国,张耀存,刘吉峰. 一种新的气候分型区划方法. 大气科学,2007,31(1):129-136.
- [14] 缪启龙,丁园园,王勇,等. 气候变暖对中国热量资源分布的影响分析. 自然资源学报,2009,24(5):934-944.
- [15] 韩湘玲. 农业气候学. 太原:陕西科学技术出版社,1999.
- [16] 王树廷. 关于日平均气温稳定通过各级界限温度初终日期的统计方法. 气象,1982,(6):29-30.
- [17] 林振耀,吴祥定. 青藏高原气候区划. 地理学报,1981,36(1):22-32.
- [18] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irr Drain Paper 56. FAO, Rome, 1998:465.
- [19] 缪启龙,李兆元,窦永哲. 主成分分析在气候区划中的应用. 南京气象学院学报,1987,10(4):436-445.
- [20] Mitchell V L. The regionalization of climate in the Western United States. *Journal of Applied Meteorology*, 1976, 15:920-927.
- [21] 丘宝剑. 竺可桢先生与中国气候区划. 西南师范大学学报:自然科学版,1986,(3):79-84.
- [22] Ayoade J O. On the use of multivariate techniques in climatic classification and regionalization. *Theoretical*

and Applied Climatology, 1976, **24**(4): 257-267.

- [23] Ahmed B Y M. Climatic classification of Saudi Arabia; An application of factor-cluster analysis. *Geo Journal*, 1997, **41**(1): 69-84.
- [24] 刘蕴薰, 杨秉赓, 李惠明. 聚类分析方法在农业气候区划中的应用. *气象*, 1981, (10): 20-21.
- [25] Leber D, Holawe F, Häussler H. Climatic classification of the Tibet Autonomous Region using multivariate statistical methods. *Geo Journal*, 1995, **37**: 451-473.
- [26] 王顺久, 李跃清. 基于投影寻踪原理的动态聚类模型及其在气候区划中的应用. *应用气象学报*, 2007, **18**(5): 722-726.

1961—2010 年中国气候区划各级指标的变化研究

刘静 翟盘茂

中国气象科学研究院,北京 100081

摘要:基于温度带、干湿区、气候区三级等级体系气候区划方案,利用 1961—2010 年全国 756 个站点的逐日平均气温、降水量、相对湿度、日照时数、日最高气温、日最低气温、7 月平均气温资料,分析了过去 50 年中国气候区划各级指标值的变化趋势以及年代际变化特征。结果表明:全国 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温日数和积温基本呈现为一致的增大趋势,西北部干燥度指数明显减小,即西北部干旱程度缓解,7 月平均气温在我国北方的增大趋势较南方明显;全国平均 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温日数和积温以及 7 月平均气温在 1997 年之后明显增大,而干燥度除西北以外未表现出明显的年代际特征。1998—2010 年相对于 1961—1997 年来说,寒温带湿润区、半湿润区以及半干旱区面积均减小,中温带湿润区面积增大,中温带半湿润、半干旱和干旱区面积减小,暖温带湿润区、半湿润区面积减小,暖温带半干旱、干旱区面积增大,北亚热带干旱区增大较多,中亚热带湿润区面积减小,中亚热带半湿润区和半干旱区面积增大,南亚热带湿润区面积明显增大,热带湿润区增大,热带半湿润区面积减小。因此,1997 年之后气候区划格局的变化需引起特别关注。

关键词:气候区划 变化趋势 年代际特征

1 引言

中国幅员辽阔,跨纬度较广,距海远近差距较大,加之地形复杂,下垫面类型丰富,因此,各地气候条件差异很大。在了解、认识和鉴定气候的地域分异规律的基础上,根据国民经济发展的需要,进行气候区域划分,为各产业部门特别是农业生产的合理配置和全面规划提供依据,有利于充分开发和利用各地气候资源,有效避免和防止不利气候因素的影响。

热量和水分是影响植物生长发育以及产量的关键因素,因此,在气候区划工作中将这两个指标作为主要指标。竺可桢先生是中国气候区划的第一人,在 1929 年,竺先生根据气温、降水、天气系统并考虑自然景观等因素将全国划分为华南、华中、华北、东北、云贵高原、草原、西藏和蒙新八个气候区^[1]。而后在 1936 年,涂长望等对竺先生的气候区划方案提出了改进意见^[2]。1946 年卢鋈根据中国农作物的格局分布,将全国分为十大气候区^[3]。陶诗言和么枕生的区划工作考虑了中国的季风气候特征^[4-5]。1959 年中国科学院自然区划工作委员会以日平均气温稳定通过 10°C 期间的累积温度和最冷月气温或极端最低气温多年平均值为热量指标,以干燥度为水分指标,根据热量指标,将全国分为 6 个气候带和 1 个高原气候区,又结合中国地形特点和历史行政区划传统,将全国划分为 8 个一级气候地区和 32 个二级气候省^[6]。基于上述区划方案,中央气象局利用 1951—1960 年和 1951—1970 年资料先后开展了两次区划工作^[7]。丘宝剑认为用 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温是不等价的,因为相同的积温在各地的作用不同^[8],1982 年陈咸平又指出在中国用 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温日数作为热量指标可以较好地显示出各气候带的水平和

垂直地带性^[9]。自此之后,中国科学院《中国自然地理》编辑委员会、中国气象局以及郑景云等均均以日平均气温稳定通过 10 °C 期间的天数作为热量指标,并逐渐开展了温度带、干湿区、气候区三级等级体系气候区划方案^[10-13]。除此之外,国内外不少学者采用聚类分析、主成分分析等数理方法进行了新的尝试^[14-17]。

已有的气候区划体现了区划指标在某一段特定时期的平均状态,并没有考虑到各指标的年际和年代际变化特征。一些学者分别对中国热量资源和干湿状况的变化进行了较为详细的研究^[18-21],但热量和水分的不同组合形式可以构成多种多样的气候资源类型,因此,需要对气候区划三级等级体系指标进行综合分析和讨论。本文讨论了过去 50 年 ≥ 10 °C 积温和积温日数、干燥度以及 7 月平均气温的变化趋势以及年代际变化特征,并对全国三级等级体系综合气候区划面积的变化特征进行了分析,以期为中国合理利用气候资源、调整种植制度和指导农业生产提供重要的科学依据。

2 资料与方法

2.1 资料

采用的资料为国家气象中心提供的中国 756 个测站 1961—2010 年地面逐日平均气温、降水量、相对湿度、日照时数、日最高气温、日最低气温、7 月平均气温以及各台站经纬度和海拔高度数据集,该资料经过较严格的质量控制和检查。本文选取资料的原则为:(1)保留资料长度满足 1961—2010 年连续性观测的站点;(2)逐日气温资料缺测值用前一天观测值代替,所需 7 月平均气温资料需满足 50 年无缺测;(3)充分利用资料。温度带、干湿区、气候区的划分指标不同,计算各指标所需气象要素差异很大,根据以上三个原则,分析讨论三级等级体系指标的变化特征时分别使用的站点数为 553,532 和 565 个。

2.2 方法介绍

2.2.1 各级区划指标

本文参照郑景云等^[13]采用的温度带、干湿区、气候区三级等级体系划分标准。

首先,温度带划分采用日平均气温稳定通过 10 °C 的日数(积温日数),此标准需要先确定 ≥ 10 °C 初、终日,本文采用 5 日滑动平均法计算初、终日^[22],初、终日之间的天数和日平均气温之和分别作为积温日数和积温。

其次,干湿区划分指标采用年干燥度(K),即 $K=E/P$,其中 P 为年降水量, E 为年潜在蒸散量。1998 年联合国粮食及农业组织(简称 FAO)推荐 Penman-Monteith 公式作为计算潜在蒸散量的唯一标准方法,并改称为 FAO Penman-Monteith 公式,近年来,国内学者在该公式的应用方面也取得了一些成就,指出其适合在中国应用,且比其他方法更符合中国的实际情况^[23,24],计算过程见文献^[25]。

最后,7 月平均气温的地理分布能够较为综合地表现出非地带性因素对气候的影响,中国气象局和中国科学院等部门均以 7 月平均气温作为气候区划分指标。

需要指出的是,对于温度带划分标准,与郑景云等有所不同,因考虑到热带区域较小,故不

再对其进行细分,将边缘热带、中热带以及赤道热带统称为热带,具体的三级等级体系划分指标见表1至表3。

表1 温度带划分指标及标准

温度带	一年中日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数(d)
寒温带	<100
中温带	100~170
暖温带	170~220
北亚热带	220~240
中亚热带	240~285
南亚热带	285~365
热带	365~366

表2 干湿区划分指标及标准

干湿状况	年干燥度(mm/mm)
湿润	≤ 1.0
半湿润	1.0~1.5
半干旱	1.5~4.0
干旱	≥ 4.0

表3 气候区划分指标及标准

气候区代码	7月平均气温($^{\circ}\text{C}$)
Ta	≤ 18
Tb	18~20
Tc	20~22
Td	22~24
Te	24~26
Tf	26~28
Tg	≥ 28

2.2.2 温度带、干湿区、气候区各等级区域面积

采用文献[26]的方法计算温度带、干湿区以及气候区各等级区域面积。具体做法为:将全国范围按 $2.0^{\circ}\times 2.0^{\circ}$ 经纬度格距划分网格,则各有效网格(落有站点的网格)的面积为: $S_g = x \times y \times s_e \times \cos\varphi$,其中 x, y 分别为经、纬度格距, s_e 为赤道地区 $1.0^{\circ}\times 1.0^{\circ}$ 网格近似面积,即 $110.0\text{ km}\times 110.0\text{ km}$, φ 为网格中心点纬度,则某一等级的有效网格面积为 $S_v = A \times S_g$,其中 A 为该有效网格内满足某一等级条件的站点数与其内站点总数之比,则某一等级的总面积为该等级有效网格面积的累积和。